



Universidade de Lisboa
Faculdade de Medicina Veterinária
Instituto Superior de Agronomia

**Utilização de alimentos alternativos na dieta do coelho:
gordura de insetos vs gordura de linho**

Cristóvão dos Santos Cardoso

CONSTITUIÇÃO DO JÚRI:

Doutor João Pedro Bengala Freire

Doutora Luísa Almeida Lima Falcão e Cunha

Doutor Rui José Branquinho de Bessa

ORIENTADORA:

Doutora Luísa Almeida Lima Falcão
e Cunha

Lisboa, 2018



Universidade de Lisboa
Faculdade de Medicina Veterinária
Instituto Superior de Agronomia

**Utilização de alimentos alternativos na dieta do coelho:
gordura de insetos vs gordura de linho**

Cristóvão dos Santos Cardoso

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM ENGENHARIA ZOOTÉCNICA/PRODUÇÃO ANIMAL

CONSTITUIÇÃO DO JÚRI:

Doutor João Pedro Bengala Freire

Doutora Luísa Almeida Lima Falcão e Cunha

Doutor Rui José Branquinho de Bessa

ORIENTADORA:

Doutora Luísa Almeida Lima Falcão
e Cunha

Lisboa, 2018

Agradecimentos

Agradeço a todos os que direta ou indiretamente tornaram possível a realização deste trabalho.

À minha orientadora, a professora doutora Luísa Falcão e Cunha, pela ajuda, tanto na escolha do tema, como na escrita. Por me ter transmitido o gosto pela cunicultura, ao longo de todos os anos, em que fui seu aluno.

Ao meu colega e amigo, Eng. Diogo Ribeiro, do departamento de produção animal, por todo o empenho e ajuda na realização do trabalho prático durante todo o processo.

À Eng. Cátia Martins do laboratório Prof. Pais de Azevedo, por toda a ajuda na realização de todo o trabalho prático, incluindo processos laboratoriais, e pela paciência para me ensinar a trabalhar com as máquinas do laboratório.

À dona Georgina que cuidou sempre da limpeza da sala dos animais.

Ao Instituto Superior de Agronomia, por toda a formação que me deu desde 2009, por ser um espaço universitário diferente de todos os que já tinha conhecido, por me ter apresentado a colegas que viriam a ser os meus melhores amigos.

À Faculdade de Medicina Veterinária, por ter sido a minha 2ª faculdade, e de onde conheci o amor da minha vida, Íris Carvalho. Sempre disponível para me ajudar, não me deixar ir abaixo, e diariamente demonstrar o gosto que ambos partilhamos pelos animais.

Ao meu antigo colega de trabalho João Martins por ter dispendido de um feriado para me vir ajudar a tratar nas actividades de pesagem de regufo e recolha de fezes dos meus coelhos, no Instituto.

Aos meus pais, pelo esforço financeiro que sempre fizeram para que pudesse estudar e completar a primariamente a Licenciatura, e agora o Mestrado em Engenharia Zootécnica, curso que me deixa muito orgulhoso de ter completado.

A todos muito obrigado...

Resumo

Utilização de alimentos alternativos na dieta do coelho: gordura de insetos vs gordura de linho

Atualmente, a nível mundial, configura-se a perspectiva de um aumento de consumo de insetos tanto pelos humanos como pelos animais, pelo que se considera importante a realização de diferentes estudos, nomeadamente da sua utilização nas dietas animais. Com o objetivo de comparar o efeito do uso de duas gorduras suplementadas na dieta de coelhos, nomeadamente de origem animal e vegetal (óleo de *Hermetia illucens*, e de linho, respetivamente), foram formulados 4 regimes alimentares com teor baixo (5%) e com teor alto (8%) de gordura, para cada fonte de gordura adicionada, e distribuídos a 48 coelhos (12 x 4) com 35 dias (recém desmamados) alojados em gaiolas de digestibilidade. Os animais tiveram acesso *ad libitum* a alimento e água durante as 5 semanas do período experimental, sendo abatidos aos 70 dias de idade. Foram avaliados os resultados zootécnicos, sem diferenças significativas ($P>0,05$) e recolhidas e analisadas as fezes na 4ª semana do ensaio, para se avaliar a digestibilidade aparente das dietas. Os pesos iniciais (1047g) foram uniformes e os finais (2405g) foram semelhantes em todos os grupos. Verificou-se que há um efeito muito significativo na natureza da gordura ($P<0,0001$), na digestibilidade da matéria seca e na da matéria orgânica. Os regimes com óleo de insetos têm uma digestibilidade da MS e da MO cerca de 95% da digestibilidade das mesmas frações dos regimes com óleo de linho. Também a digestibilidade das frações EE e EB foi significativamente mais baixa ($P<0,05$) nos regimes com óleo de inseto. Os regimes com teores de gordura mais altos aumentaram a digestibilidade ($P<0,0001$) do extracto etéreo, mas diminuíram ($P<0,003$) a digestibilidade da celulose.

Foram analisadas as carcaças, e não houveram diferenças significativas ($P>0,05$) nos pesos do aparelho digestivo, fígado, gorduras peri-renal e inter-escapular, apenas um efeito no peso do estômago vazio ($P=0,006$), maior nos regimes com óleo de insetos, provavelmente devido a uma maior retenção de alimento durante o período experimental.

Entre os resultados colorimétricos obtidos, não parecem haver diferenças significativas, excepto uma tonalidade mais vermelha na carne dos animais dos regimes com óleo de insetos ($P=0,047$).

De acordo com estes resultados a gordura de insetos pode ser utilizada na alimentação do coelho, apenas com alguma perda na digestibilidade da matéria seca e orgânica, mas não afetando o crescimento nem o rendimento da carcaça.

Palavras Chave: coelho, gordura, óleo, insetos, linho.

Abstract

Use of alternative foods in the rabbit diet: insect oil vs flax oil

Currently, the world-wide perspective is an increase in the consumption of insects by both humans and animals. Therefore, it is considered important to carry out different studies including their use in animal diets. In order to compare the effect of two fat supplements on the rabbit diet, from animal and vegetable origin (*Hermetia illucens* oil, and flax/lindseed oil, respectively), four dietary regimens with low (5%) and high (8%) fat content, for each fat source added, and distributed to 48 rabbits (12 x 4) with 35 days of age (recently weaned) housed in digestibility cages. The animals had access *ad libitum* to food and water during the 5 weeks of the experimental period, being slaughtered at 70 days of age. The zootechnical results were evaluated, without significant differences ($P > 0.05$) and feces were collected in the 4th week of the trial, and analyzed to evaluate the apparent digestibility of the diets. The initial weights (1047g) were uniform and the final weights (2405g) were similar in all groups. It was verified that there is a very significant effect on the nature of fat ($P < 0.0001$), on dry matter and organic matter digestibility. Insect oil regimes have a digestibility of DM and OM about 95% of the digestibility of the same fractions from flax oil regimes. Also, the digestibility of the EE (etheral extract) and GE (gross energy) fractions were significantly lower ($P < 0.05$) in the insect oil regimes. Regimens with higher fat contents increased the digestibility ($P < 0.0001$) of etheral extract, but decreased ($P < 0.003$) the cellulose digestibility.

Carcasses were analyzed, and there were no significant differences ($P > 0.05$) in digestive tract, liver, peri-renal and inter-scapular fat weights, only an effect on empty stomach weight ($P = 0.006$), higher in insect oil regimes, probably due to higher feed retention during the experimental period.

Among the colorimetric results obtained, there appear to be no significant differences, except for a reddish in meat of the animals who ate insect oil regimes ($P = 0.047$).

According to these results, insect fat can be used on rabbit diet, with only some slightly lower digestibility in dry matter and organic matter, but not affecting the growth or carcass yield.

Keywords: rabbit, fat, oil, insects, flax.

Índice

Agradecimentos.....	I
Resumo	III
Abstract	IV
Índice de tabelas.....	VII
Índice de figuras	VIII
Índice de abreviaturas e siglas.....	IX
Introdução.....	1
1. A gordura na alimentação animal.....	2
1.1. Vantagens da utilização da gordura	3
1.2. Fontes de gordura utilizadas/disponíveis	4
2. Utilização de insetos na alimentação animal.....	5
2.1. Insetos comestíveis pelo Homem	6
2.2. Produtos de insectos	7
2.3. Produção de insetos comestíveis.....	7
2.4. Segurança alimentar	8
2.5. Valor nutricional	8
2.6. Insetos como alimento para animais.....	12
2.7. Aspectos ambientais.....	13
2.8. Legislação europeia sobre o uso de insetos nos alimentos.....	14
3. Utilização de linho na alimentação animal	15
3.1 Utilização de óleo de linho na alimentação animal	15
3.2 Utilização de óleo de linho na alimentação do coelho	17
4. Gordura na alimentação do coelho	18
4.1. Influência da gordura na digestibilidade	19
4.2. Influência da gordura nos resultados zootécnicos.....	22
4.3. Influência gordura na qualidade da carne do coelho	23
5. Materiais e Métodos.....	25
5.1. Animais.....	25
5.2. Regimes alimentares	26
5.3. Delineamento experimental	28
5.4. Análises químicas	29

5.5. Análises estatísticas	29
6. Resultados e Discussão.....	30
6.1. Zootécnicos	30
6.2. Digestibilidade	31
6.3. Abate	33
7. Conclusão.....	37
8. Bibliografia	38

Índice de tabelas

Tabela 1 - Valor energético (kcal/kg) de diferentes óleos vegetais e gorduras animais (Adaptado de: Butolo (2002); Nascif, Gomes, Albino, & Rostagno (2004); Lara (2004) e de FEDNA (2015)).	4
Tabela 2 - Constituição em ácidos gordos de algumas espécies de insetos (Adaptado de: Makkar, Tran, Heuzé, & Ankers, (2014)).	10
Tabela 3 - Aminoácidos de algumas espécies de insetos (Adaptado de: Makkar, Tran, Heuzé, & Ankers, (2014) e NRC (1994)).	11
Tabela 4 - Constituintes analíticos de algumas espécies de insetos (Adaptado de: Makkar, Tran, Heuzé, & Ankers, (2014)).	11
Tabela 5 - Composição centesimal dos regimes alimentares experimentais dos coelhos (em % Matéria Seca).	26
Tabela 6 - Composição química dos regimes alimentares experimentais (em %).	27
Tabela 7 - Composição de ácidos gordos (%) das gorduras adicionadas e dos regimes alimentares.	27
Tabela 8 - Efeito da fonte e teor lipídicos na ingestão de alimento e crescimento, desde o desmame até ao abate (35 aos 70 dias de idade).	30
Tabela 9 - Efeito da natureza e teor de gordura dos regimes alimentares na digestibilidade aparente (%).	31
Tabela 10 - Efeito da fonte e teor lipídicos no peso do aparelho digestivo (em valor absoluto e relativo).	33
Tabela 11 - Efeito da fonte e teor lipídicos no estômago e no ceco (em valor absoluto e relativo), e seus valores de pH.	34
Tabela 12 - Efeito da fonte e teor lipídicos na gordura inter-escapular, e peri-renal (em valor absoluto e relativo).	35
Tabela 13 - Efeito da natureza e do teor lipídicos nos valores colorimétricos L*a*b* da carne do coelho (<i>Longissimus dorsi</i>).	36

Índice de Figuras

Figura 1 - Produção e utilização de <i>Hermetia illucens</i> em suinicultura (Adaptado de: Newton, Watson, Dove, Sheppard, & Burtle (2005)).	13
Figura 2 - Digestão e absorção de gorduras em monogástricos (Fonte: Xiccato (2010)).	21
Figura 3 - Coelho <i>standard</i> utilizado neste estudo (Original).	25
Figura 4 - Alojamento dos animais (Original).	28

Índice de abreviaturas e siglas

ADF - Fibra em detergente ácido
ADL - Lenhina em detergente ácido
CLA - *Conjugated Linoleic Acid*
dl - decílitro
DM - *Dry matter*
DHA - ácido docosahexaenoico
EB - Energia bruta
ED - Energia digestível
EE - Extrato etéreo
EMA - Energia metabolizável aparente
EMV - Energia metabolizável verdadeira
EPA - ácido eicosapentaenóico
g - gramas
GB - Gordura bruta
GMD – Ganho médio diário
HMG-CoA redutase - *3-hidroxi-3-methyl-glutaril-CoA redutase*
IC - Índice de conversão
ISA – Instituto Superior de Agronomia
Kcal - quilocaloria
kg - quilograma
LD - *Longissimus dorsi*
MJ - Megajoule
Mm - milímetro
MS - Matéria seca
MO - Matéria orgânica
MUFA - *Monounsaturated fatty acids*
NDF – Fibra em detergente neutro
OM - *Organic matter*
PB - Proteína bruta
PUFA - *Polyunsaturated fatty acids*
SFA - *Saturated fatty acids*
ton - toneladas
% - Percentagem
°C – Grau Celsius
= - Igual
< - Menor

Introdução

O coelho é um animal monogástrico, herbívoro possuidor de um sistema digestivo que lhe permite ingerir e tirar partido de alimentos ricos em fibra, que por norma são de baixo valor energético. A adição de gorduras à dieta permite aumentar a concentração energética do alimento, mas poderá ter efeitos na utilização global dos componentes do regime e na qualidade do produto obtido.

A gordura tem vindo a ser utilizada como suplemento na alimentação animal, com grandes benefícios, tais como aumentar o valor calórico da dieta, mesmo em regimes de baixo custo, sendo especialmente útil no verão, uma vez que os animais diminuem a ingestão de alimento, e assim é possível fazer-se um incremento energético através da adição de gordura. A adição limitada de gordura, poderá também trazer benefício a nível de fabrico, uma vez que ajuda na aglomeração, e redução de pós prejudiciais às vias respiratórias, e ainda aumentar a palatabilidade. Em relação ao fornecimento de ácidos gordos essenciais, poderá escolher-se a fonte de gordura de acordo com a espécie em questão, suas necessidades, e até poderá revelar-se na qualidade da carne e perfil de ácidos gordos, para o homem.

Os insetos, têm muitas vantagens, e podem ser uma alternativa no futuro, seja dado inteiros (vivos), desidratados, ou utilizada a sua gordura ou proteína previamente extraída, podendo melhorar os aspectos organoléticos e ajustar o preço, do produto final; e diminuir o impacto ambiental, uma vez que a produção de metano e amoníaco é mínima comparada com outros animais de produção. A gordura extraída da larva da mosca soldado (*Hermetia illucens*) é altamente saturada, contendo bastante ácido laurico (que é considerado eficazmente absorvido e oxidado), e é esperado que seja eficientemente utilizada como fonte energética, mas que também possa ter efeitos negativos no microbiota.

O objetivo deste trabalho foi estudar e comparar o efeito de duas fontes de gordura na dieta (óleo de insetos vs óleo de linho), na ingestão de alimento, nas performances de crescimento, no depósito das gorduras peri-renal e inter-escapular, e no desenvolvimento dos órgãos do aparelho digestivo, assim como a digestibilidade das dietas.

1. A gordura na alimentação animal

A alimentação animal tem vindo a sofrer uma evolução gradual um pouco por todo o mundo, apoiando-se no aprofundamento do conhecimento da nutrição. Desse modo, tem sido notório que não é apenas conveniente garantir a quantidade e qualidade proteica do regime alimentar, mas também o seu valor energético, uma vez que é possível aumentar a digestibilidade de algumas frações do regime alimentar, através da adição de matérias primas com alto teor calórico, ou mesmo com a adição de óleos e gorduras. Segundo Freeman (1983), nos monogástricos, a composição de ácidos gordos da gordura no regime, não afecta apenas o valor energético do alimento, mas também o valor financeiro do produto final, uma vez que dependendo dos ingredientes utilizados no regime, e das fontes de gordura utilizadas, se consegue obter um produto com melhor qualidade. O nível de gordura e o valor energético do alimento vão regular a ingestão diária por parte dos animais, pelo que poderá ser benéfico, em períodos de elevadas necessidades energéticas como o de lactação.

Para Clapperton (1983), o efeito da adição de gorduras na dieta de ruminantes, é algo mais complexo. Para animais com baixo potencial de produção, o papel da gordura é provavelmente limitado, mas para animais de alto rendimento, a adição de gordura consegue aumentar com sucesso a ingestão calórica, sendo que em vacas de leite, a melhor altura para suplementar é no início da lactação. Eastridge (2014), também defende que é preciso ter cuidado em ruminantes com os níveis de inclusão de gordura. Cerca de 2 a 3% da gordura do regime será proveniente dos ingredientes, e 1 a 3% de gordura suplementada, fazendo um total de gordura do regime de cerca de 5%. Para ultrapassar esta concentração em 1 ou 2 pontos percentuais será necessário usar fontes de gordura inertes no rúmen. Maiores quantidades podem provocar distúrbios digestivos e redução da ingestão diária.

Em alimentação de coelhos, a adição de lípidos no regime alimentar é limitada por razões de ordem tecnológica uma vez que a partir de determinados teores de inclusão podem causar problemas no fabrico dos alimentos compostos, afectando a consistência do granulado. Também poderão haver problemas no armazenamento, através da rancificação do alimento, estando mais susceptíveis os alimentos com óleos vegetais, por ser um processo que envolve dupla ligação, característico de ácidos gordos insaturados (Dalle, 2002).

1.1. Vantagens da utilização da gordura

A utilização de óleos ou alimentos ricos em gordura permite aumentar a densidade energética dos regimes alimentares em particular dos regimes alimentares ricos em fibra, por norma pouco energéticos. No entanto alguns problemas são colocados à generalização da sua utilização entre os quais a influência nas características organoléticas do produto final e a aceitação quer pelos consumidores quer pelos produtores da sua utilização nas dietas animais.

A gordura das dietas na alimentação animal, não representa apenas vantagens na ingestão e na qualidade da carne, mas também no próprio fabrico dos regimes, uma vez que ajuda na aglomeração e estabilidade do granulado. Também melhora o aspeto, a palatabilidade das dietas e reduz o pó, prejudicial às vias respiratórias (Maertens, 1998).

Além de fornecer energia, a adição de gordura ou óleos promove a absorção de vitaminas lipossolúveis e aumenta a eficiência energética. Ainda reduz a velocidade do alimento no tracto gastrointestinal, favorecendo uma melhor absorção dos nutrientes. O valor energético das gorduras ou óleos adicionados depende do comprimento da cadeia de carbono, do número de duplas ligações e da presença de ligações éster, da composição de ácidos gordos, da própria composição da dieta, e da quantidade/tipo de triglicéridos suplementados. Em monogástricos a composição da gordura corporal reflete a da dieta, e em aves a digestibilidade de gorduras insaturadas é maior nos primeiros dias de vida, enquanto que a digestibilidade de gorduras saturadas é baixa. Considerando dietas com o mesmo valor nutricional, as aves apresentam maior performance com regime alimentar que tenha suplementação de óleos ou gorduras, do que sem suplementação (Baião & Lara 2005).

1.2. Fontes de gordura utilizadas/disponíveis

Há várias fontes de gordura disponíveis, seja de origem animal, seja de origem vegetal. Os triglicéridos de origem vegetal, são uma mistura de lípidos considerados líquidos à temperatura ambiente como os óleos de girassol, côco, milho, soja, e o tradicional azeite, enquanto que os de origem animal denominam-se de gorduras e são sólidos à temperatura ambiente, tais como o sebo de bovino, banha de porco, e gordura de aves (Xiccato, 2010). Baião & Lara (2005), estudaram o uso de óleos vegetais e gorduras animais, na alimentação de frangos, fornecendo alguns dados sobre o seu valor energético, energia metabolizável aparente e verdadeira, como descrito na tabela 1. Também na mesma tabela figuram os valores energéticos de algumas gorduras / óleos para as várias espécies.

Tabela 1 - Valor energético (kcal/kg) de diferentes óleos vegetais e gorduras animais (Adaptado de: Butolo (2002); Nascif, Gomes, Albino, & Rostagno (2004); Lara (2004) e de FEDNA (2015)).

Óleo/gordura	Aves			Suínos	Coelhos	Equinos
	EB	EMA	EMV	ED	ED	ED
óleo de soja (degomado)	9415	8790	9200	8700	8500	8500
óleo de colza	9438	8826	9130	8550	8300	8300
óleo de côco	9229	8330	-	8700	8300	8070
óleo de palma	9400	-	8817	8350	8000	8000
óleo de milho	9390	8886	9250	-	-	-
gordura de frango	9334	8817	9159	8615	8210	8415
banha de porco	9322	7594	-	-	-	-
sebo de bovino	9414	7374	8116	7935	7785	7860

Em Portugal, há empresas que processam e comercializam óleos vegetais (colza e soja) degomados e neutros, para suplementação animal ou biodiesel. A extração do óleo é conseguida por processo industrial através de extrusão, seguida de extração sólido/líquido com solvente. Depois da extração é necessária uma fase de recuperação do solvente e clarificação onde são retiradas as impurezas e sujidades, por lavagem e separação física dos fosfatídeos hidratáveis.

Também segundo a IACA (Associação Portuguesa dos Industriais de Alimentos Compostos para Animais) (2016), o consumo de óleos vegetais em 2015 foi de 9506ton, bastante inferior ao ano anterior (13247ton). Por outro lado, o consumo de gorduras animais aumentou, sendo em 2015 de 22347ton, superior ao ano anterior (19358ton).

2. Utilização de insetos na alimentação animal

A possibilidade de utilização de insetos na alimentação animal surge como uma fonte rica em proteína alternativa à soja, embora haja necessidade de avaliar a aceitação do seu uso pelos produtores e pelos consumidores. O trabalho/inquérito desenvolvido por Verbeke, Sprangers, De Clercq, De Smet, Sas, & Eeckhout (2015), apresenta resultados favoráveis na aceitação do produtor no uso de insetos especialmente para avicultura e aquicultura. Estes resultados não são surpreendentes uma vez que esses animais têm acesso e consomem insetos no meio natural (Henry, Gasco, Piccolo, & Fountoulaki, 2015). Por conseguinte, com a utilização de insetos na alimentação, promove-se um comportamento alimentar mais natural, tendo consequências positivas no bem-estar animal (Vanhonacker, Verbeke, Van Poucke, & Tuytens, 2008; Vanhonacker & Verbeke, 2014), com a promoção da aceitação e opinião positiva das pessoas em relação a estes estudos.

A possibilidade de usar insetos na alimentação animal foi aceite por 2/3 dos participantes de um estudo/inquérito (Verbeke et al, 2015). Os participantes com idade inferior a 25 anos foram os que mais se recusaram consumir peixe alimentado com insetos, provavelmente mais devido à difícil aceitação de peixe na dieta por parte dos jovens do que propriamente ao uso de insetos (Verbeke e Vackier, 2005; Jahns, Raatz, Johnson, Kranz, Silverstein, & Picklo, 2014).

Os produtores, particularmente de ruminantes, foram mais críticos do que os próprios consumidores, uma vez que têm pouca perceção dos benefícios, tendo apenas em conta os riscos do uso de insetos na alimentação animal. A ideia dos insetos como animais repugnantes e pragas não beneficia a aceitação pelos produtores, que são incomodados pelos mesmos no dia-a-dia e esforçam-se para os eliminar (Van Huis et al., 2013). Um dos riscos perceptíveis pelos produtores terá sido a eventual fuga das colónias reprodutoras e possível impacte na biodiversidade. Outro motivo que os deixou renitentes, terá sido o fato de a maioria dos produtores do estudo, operarem num regime intensivo, com variações de preço no produto, baixas margens de lucro, altos custos de manutenção, pressão económica, e alterações na legislação. A combinação destes fatores representa um risco que para muitos não vale a pena correr (Verbeke, Sprangers, De Clercq, De Smet, Sas, & Eeckhout, 2015).

A alimentação à base de insetos foi considerada mais sustentável e mais nutritiva, mas microbiologicamente menos segura quando comparada com a alimentação convencional. Também os produtos obtidos (leite, ovos, ...) dos animais alimentados com insetos na dieta foram considerados mais saudáveis em relação à composição de ácidos gordos, no entanto os insetos podem influenciar negativamente o sabor dos produtos obtidos, como a carne, e ainda apresentar alergénicos, dependendo da(s) espécie(s) de insetos que foram utilizadas (Rumpold & Schluter, 2013).

A alteração de sabor dos produtos de origem animal pode ser contornada, escolhendo insetos que não a influenciem negativamente, ou que não influenciem de todo, uma vez que o consumidor não troca o sabor dos produtos animais, pela saúde e sustentabilidade (Verbeke, 2006), especialmente quando se trata de um bife (Tucker, 2014).

As mulheres são as responsáveis, de forma geral, pela escolha dos alimentos para a família, e por norma questionam a comercialização de alimentos provenientes de animais que consumiram insetos, sendo necessárias várias acções de *marketing*, comunicação e informação ao consumidor para desmistificar esta opção alimentar (Lensvelt & Steenbekkers, 2014.; Van Huis, Dicke, & Van Loon, 2015). Apesar da atitude dos consumidores e da suposta aceitação por parte de alguns, apenas ¼ dos produtores de bovinos demonstrou intenção de adoptar este novo sistema na sua exploração, quando estivesse disponível no mercado.

2.1. Insetos comestíveis pelo Homem

Embora actualmente na Europa não seja habitual o consumo de insetos pelo homem, o seu consumo é frequente em outras culturas.

Wemans (2015) fez um estudo sobre insetos comestíveis e constatou que de acordo com Halloran & Vantome (2013) são consumidas mais de 1900 espécies de insetos, sendo que aproximadamente 31% deste consumo é de espécies que pertencem à ordem Coleoptera, 18% Lepidoptera, 14% Hymenoptera, 13% Orthoptera, 10% Hemiptera, 3% Dictyoptera, 3% Odonata, 2% Diptera e 6% a outras espécies.

Tal como nas espécies consumidas, também os estados em que os insetos são consumidos apresentam uma elevada diversidade. Nos insetos da ordem Coleoptera estes são por norma consumidos no seu estado larvar, como em África o gorgulho da palmeira *Rynchophorus phoenicis*, na América a *R. palmarum*, na Europa a *Tenebrio* spp. e na Ásia a *R. ferrugineus*. Esta última espécie trata-se de uma praga invasora que em Portugal está a dizimar as palmeiras. Já as borboletas e traças (Lepidoptera) são consumidas quer no seu estado adulto, como a *Daphnis* spp., na República Democrática de Laos, quer no seu estado larvar em África, a *Imbrasia belina*. Por sua vez, da ordem Hymenoptera os mais consumidos são os ovos, como é o caso das formigas consumidas na Tailândia, mas também as larvas e os insetos adultos são consumidos, como é o caso das vespas no Japão e das formigas tecedeiras na Ásia, respetivamente. Por fim, na ordem Orthoptera os gafanhotos e grilos são consumidos no seu estado adulto. Os insetos da ordem Hemiptera são consumidos em diversas formas. Enquanto as cigarras são consumidas no seu estado adulto, como no Malawi, outras espécies da mesma ordem apenas são consumidas nas secreções ou extratos, como o carmim (corante extraído de cochonilhas).

Já o caviar mexicano, hahuahutle, é formado por ovos de hemípteros aquáticos da família Corixidae. Da ordem Dictyoptera os únicos insetos consumidos são praticamente as térmitas, ingeridos no estado adulto (Van Huis, et al., 2013).

2.2. Produtos de insetos

Os insetos podem produzir, seda, cera, corantes e ainda funcionam como isco vivo para pesca. Além disso podem ser usados como ingredientes alimentares ou para fins medicinais. Por exemplo, o mel produzido pelas abelhas muito apreciado pelos humanos, o corante alimentar produzido por *Luciferidae* e *Margarodes*, os fármacos como geleia real e o veneno de abelha (Schabel, 2010).

Omosoto (2006) investigou as propriedades do pó da larva de *Cirina forda*, e verificou alta capacidade de absorção de óleos e água, sendo perfeito para utilizar na panificação. Mais ainda o pó retém o sabor e tem influências sensoriais positivas devido ao grande poder de absorção de óleo. A capacidade de emulsão relativamente alta e estável tornam o pó das larvas um bom agente de texturização em produtos alimentares.

2.3. Produção de insetos comestíveis

Apesar da maioria dos insetos ingeridos serem capturados do meio selvagem (Laos, 2010), a criação de insetos pelo homem é feita há 7000 anos, quer por sericultura para seda quer na apicultura para o mel, entre outros (Rumpold & Schlüter, 2013).

Foram feitas muitas pesquisas para o desenvolvimento de alimento artificial para os insetos em cativeiro, principalmente para uso como armas biológicas contra pragas (Singh, 1994; Singh & Moore, 1985). A captura descontrolada de insetos conduz a um impacto no ambiente através desflorestação e extinção de espécies (Schabel, 2010).

Pela elevada necessidade de mão de obra, a produção em massa de proteína de insetos tem um preço muito elevado, semelhante ao da carne. Em países como a Nigéria a lagarta de *Cirina forda* é vendida ao dobro do preço da carne (DeFoliart, 1999).

Para a potencialização da produção de insetos inteiros ou proteína extraída, é necessária uma escolha adequada das espécies comestíveis, tendo em consideração a aceitação do consumidor, tanto do animal como do homem. Os insetos são selecionados por tamanho, comportamento social, segurança, tendências epidémicas, reprodução, potencial de sobrevivência, benefícios nutricionais e potencial de armazenamento e de marketing (Schabel, 2010). Outros fatores a ser controlados na produção de insetos são a luminosidade, temperatura, humidade, ventilação, local para posturas, disponibilidade de comida e água, higiene e prevenção de contaminação microbiana (Peters & Barbosa, 1977; Scriber & Slansky, 1981; Sharaby, Montasser, Mahmond & Ibrahim, 2010; Singh, 1982; Tchuinkam, Mpoame, Make-Mveinhya, Simard, Lele-Defo, & Zebaze-Togouet, 2011; Vantomme, Mertens, Van Huis & Klunder, 2012).

2.4. Segurança alimentar

Nem todos os insetos são comestíveis. Alguns poderão causar efeitos adversos ao consumidor como reações alérgicas (Yen, 2010). Por exemplo, a pupa do bicho-da-seda africano (*Anaphe venata*) contem tiaminase, que pode causar deficiência em tiamina ao consumidor. Outro exemplo são insetos considerados seguros para alimento, que quando colhidos na natureza podem conter pesticidas, representando um risco para a saúde animal. Estes riscos para a saúde podem ser evitados com espécies de insetos que se sabe serem comestíveis, e criadas em quintas ou explorações, onde são tidos os cuidados com o manuseamento e armazenamento, com a promoção da qualidade e segurança alimentar (Rumpold & Schlüter, 2013).

Casos de botulismo, parasitoses e envenenamento devido a entomofagia foram reportados por Shabel (2010). Zoonoses diretas são desconhecidas, mas os insetos podem transmitir bactérias, viroses e fungos (Kruse, Kirkemo & Handeland, 2004).

A contaminação microbiana dos insetos comestíveis, pode ser um problema. Na realidade, diversos investigadores relataram a presença de algumas bactérias como *Escherichia coli* e *Klebsiella aerogenes*, em insectos recém recolhidos na Nigéria, e *Staphylococcus sp.* em larvas da palmeira (*Rhynchophorus phoenicis*), mesmo após teres sofrido processos térmicos. Por outro lado, a contaminação, mesmo pós cozedura, deve-se a mau processamento e manuseio por pessoas aparentemente saudáveis, mas que seriam portadoras da bactéria em questão (Opara, Sanyigha, Ogbuewu & Okoli, 2012).

2.5. Valor nutricional

Ao contrário da tendência que se verifica essencialmente nos países desenvolvidos, que considera a entomofagia como uma prática rudimentar, primitiva e pouco saudável, é necessário atender a todas as vantagens desta prática (Harris & Ross, 1987). De facto, ingerir insetos é uma prática muito antiga que percorreu o mundo e todas as suas classes sociais. Esta é uma prática que ainda não caiu em desuso permitindo avaliar o valor que a sociedade atribui ao consumo de insetos. Diversos estudos confirmam a existência de benefícios intrínsecos à inclusão dos insetos na dieta em todos os países e sociedades (Konuma, 2012). O valor nutricional dos insetos representa para o homem sem dúvida uma das vantagens mais relevantes da entomofagia, contudo é necessário conhecer as dietas das populações e os alimentos que estas mais consomem, incluindo os insetos como um complemento enriquecedor da dieta convencional (Van Huis, et al., 2013).

Dos vários estudos desenvolvidos para avaliação do valor nutricional dos insetos comestíveis, muitos comparam os valores nutricionais dos insetos com os valores nutricionais dos alimentos convencionais, enquanto outros apenas avaliam o conteúdo nutricional de algumas espécies de insetos.

Os resultados obtidos pelos diferentes estudos são muito variados quer pela diversidade de espécies dos insetos como pelo facto dos métodos utilizados para a obtenção do valor nutricional serem diferentes. Isto é, o estado de desenvolvimento do inseto, a alimentação do mesmo e a sua forma de consumo (se frito, seco, fumado ou outro), são factores determinantes nos resultados obtidos, tornando muito difícil a comparação entre os estudos (Van Huis, et al., 2013).

No geral os insetos comestíveis consideram-se boas fontes de proteína, gordura, vitaminas e minerais. A ingestão de 100g de algumas espécies de lagartas representam 76% das necessidades diárias de proteína no ser humano, e quase 100% das necessidades de vitaminas (Agbidiye, Ofuya & Akindeke, 2009), e três bichos da seda no estado casulo são tão nutritivos como um ovo de galinha (Mitsubishi, 2010). Esses mesmos bichos da seda, desidratados, são compostos aproximadamente por 50% de proteína e 30% de lípidos (Mitsubishi, 2010).

Quando comparando 100g de insetos com 100g de carne fresca ambos apresentam um valor energético aproximado, à exceção da carne de porco que apresenta mais gordura (Sirimungkararat, Saksirirat, Nopparat, & Natongkham, 2010). No entanto, segundo Srivastava, Babu e Pandey (2009), as térmitas, gafanhotos, gorgulhos, lagartas e moscas, são uma melhor fonte proteica por peso, do que carne de vaca, porco, frango ou borrego.

Num estudo efetuado por Finke, Defoliart, & Benevenga, (1989), em ratazanas desmamadas, verificou-se que os grilos da espécie *Acheta domesticus* apresentaram qualidade proteica superior à proteína de soja em todos os níveis. Por sua vez, Ozimek, Sauer, Kozikowski, Ryan, Jorgensen, & Jelen (1985) comprovaram que a remoção da quitina ainda aumenta mais a qualidade proteica. Para a remoção da quitina é utilizada uma extração alcalina que permite aumentar a digestibilidade da proteína de 71,5% para 94,3%.

As vitaminas são essenciais para alguns processos metabólicos e para a melhoria das funções do sistema imunológico, e encontram-se presentes na maioria dos insetos comestíveis (Van Huis, et al., 2013). Em geral, a vitamina B1 e B2 apresentam teores mais elevados nos insetos do que no pão integral. Por sua vez, a vitamina B12 é encontrada apenas em alimentos de origem animal e apresenta valores relevantes nos estudos avaliados. De acordo com os resultados de FAO (2004), 100g de insetos, em matéria seca, oferecem o vitaminas B1, B5, B7 e B9 suficientes para suprimir as necessidades diárias, porém nenhum dos insetos apresentam quantidades relevantes de vitamina A e E, e apesar de com valores baixos, os insetos contêm vitamina C (Baker, Fitzpatrick & Dierenfeld, 1998; Finke, 2002). A carne de bovino e suíno são mais ricas em vitaminas de forma geral. No entanto os insetos apresentam uma maior componente de vitaminas C, B2 e B12 e podem ser ricos em vitaminas no geral, desde que selecionados aqueles que suprimem os requisitos vitamínicos pretendidos (Rumpold & Schlüter, 2013).

O cálcio, magnésio e potássio são os minerais encontrados em quantidades significativas nos insetos (Smith & Pryor, 2012). Contudo, a quantidade de minerais encontrados em 100g de matéria seca não são suficientes para suprimir as necessidades diárias de um adulto (Rumpold & Schlüter, 2013). Sob esta perspectiva, o fósforo, ferro e zinco destacam-se dos restantes minerais por apresentarem quantidades superiores à dose diária recomendada. Mais ainda, importa referir que o ferro e o zinco pertencem ao grupo de microelementos essenciais e os teores encontrados nos insetos são superiores aos encontrados na carne de bovino e suíno, e idênticos aos encontrados na soja e em cogumelos (Belluco, Losasso, Maggioletti, Alonzi, Paoletti, & Ricci, 2013; Ricardo Jorge, 2007).

Em suma, atendendo aos estudos avaliados, muitos dos investigadores concluíram que os insetos comestíveis são boas fontes de proteína, gordura, vitaminas, minerais e energia, como se verifica nas tabelas 2, 3 e 4.

Tabela 2 - Constituição em ácidos gordos de algumas espécies de insetos (Adaptado de: Makkar, Tran, Heuzé, & Ankers, (2014)).

constituintes (% ácidos gordos)	larvas de mosca soldado*	farinha de larvas de mosca doméstica	tenébrio	grilo comum
Saturados (%)				
Láurico, 12:0	21,4[49,3](42,6)	-	0,5	-
Mirístico, 14:0	2,9[6,8](6,9)	5,5	4	0,7
Palmitico, 16:0	16,1[10,5](11,1)	31,1	21,1	23,4
Esteárico, 18:0	5,7[2,78](1,3)	3,4	2,7	9,8
Monosaturados (%)				
Palmitoléico, 16:1n-7	[3,5]	13,4	4	1,3
Oleico, 18:1n-9	32,1[11,8](12,3)	24,8	37,7	23,8
Polinsaturados (%)				
Linoleico, 18:2n-6	4,5[3,7](3,6)	19,8	27,4	38
Linolénico, 18:3n-3	0,19[0,08](0,74)	2	1,2	1,2
Eicosapentanoico, 20:5n-3	0,03[0](1,66)	-	-	-
Docosahexaenoico, 22:6n-3	0,006[0](0,59)	-	-	-

*Valores utilizando estrume de bovinos. Parentesis curvos são valores obtidos utilizando 50% de estrume de bovino e 50% de miúdos de frango como substrato. Parentesis retos são valores obtidos utilizando estrume de suíno como substrato.

Tabela 3 - Aminoácidos de algumas espécies de insetos (Adaptado de: Makkar, Tran, Heuzé, & Ankers, (2014) e NRC (1994)).

Aminoácidos em g/16g azoto (proteína dos insetos)	larvas de mosca soldado	farinha de larvas de mosca doméstica	Larvas de Tenébrio	Farinha de gafanhoto	grilo comum	grilo de Mormon	farinha de pupas de bicho da seda	farinha de peixe	farinha de soja	Necessidades para frangos de carne (g/kg alimento)
	<i>Hermetia illucens</i>	<i>Musca domestica</i>	<i>Tenebrio molitor</i>	<i>Schistocerca gregaria</i>	<i>Acheta domesticus</i>	<i>Anabrus simplex</i>	<i>Bombyx mori</i>	-	-	
Essenciais										
Metionina	2,1	2,2	1,5	2,3	1,4	1,4	3,5	2,7	1,32	3,8
Cistina	0,1	0,7	0,8	1,1	0,8	0,1	1	0,8	1,38	-
Valina	8,2	4	6	4	5,1	6	5,5	4,9	4,5	7,2
Isoleucina	5,1	3,2	4,6	4	4,4	4,8	5,1	4,2	4,1	7
Leucina	7,9	5,4	8,6	5,8	9,8	8	7,5	7,2	7,58	11,8
Fenilalanina	5,2	4,6	4	3,4	3	2,5	5,2	3,9	5,16	6,3
Tirosina	6,9	4,7	7,4	3,3	5,2	5,2	5,9	3,1	3,35	-
Histidina	3	2,4	3,4	3	2,3	3	2,6	2,4	3,06	3
Lisina	6,6	6,1	5,4	4,7	5,4	5,9	7	7,5	6,18	10
Trionina	3,7	3,5	4	3,5	3,6	4,2	5,1	4,1	3,78	7,4
Triptofano	0,5	1,5	0,6	0,8	0,6	0,6	0,9	1	1,36	1,8
Não essenciais										
Serina	3,1	3,6	7	5	4,6	4,9	5	3,9	5,18	-
Arginina	5,6	4,6	4,8	5,6	6,1	5,3	5,9	6,2	7,64	12
Ácido glutâmico	10,9	11,7	11,3	15,4	10,4	11,7	13,9	12,6	19,92	-
Ácido aspártico	11	7,5	7,5	9,4	7,7	8,8	10,4	9,1	14,14	-
Prolina	6,6	3,3	6,8	2,9	5,6	6,2	5,2	4,2	5,99	-
Glicina	5,7	4,2	4,9	4,8	5,2	5,9	4,8	6,4	4,52	-
Alanina	7,7	5,8	7,3	4,6	8,8	9,5	5,8	6,3	4,54	-

Tabela 4 - Constituintes analíticos de algumas espécies de insetos (Adaptado de: Makkar, Tran, Heuzé, & Ankers, (2014)).

Constituintes em % MS	larvas de mosca soldado	farinha de larvas de mosca doméstica	larvas de Tenébrio	farinha de gafanhoto	grilo comum	grilo de Mormon	farinha de pupas de bicho da seda	farinha de peixe	farinha de soja
	<i>Hermetia illucens</i>	<i>Musca domestica</i>	<i>Tenebrio molitor</i>	<i>Schistocerca gregaria</i>	<i>Acheta domesticus</i>	<i>Anabrus simplex</i>	<i>Bombyx mori</i>	-	-
Proteína Bruta	42,1 (56,9)	50,4 (62,1)	52,8 (82,6)	57,3 (62,6)	63,3 (76,5)	59,8 (69)	60,7 (81,7)	70,6	51,8
Lípidos	26,0	18,9	36,1	8,5	17,3	13,3	25,7	9,9	2,0
Cálcio	7,56	0,47	0,27	0,13	1,01	0,2	0,38	4,34	0,39
Fósforo	0,9	1,6	0,78	0,11	0,79	1,04	0,6	2,79	0,69
Ca:P rácio	8,4	0,29	0,35	1,18	1,28	0,19	0,63	1,56	0,57

*Valores em parêntesis refletem utilização de farinhas desengorduradas

2.6. Insetos como alimento para animais

Os insetos têm grande potencial como alimento, especialmente devido ao ser valor nutricional, poucos requisitos de espaço e a grande aceitação para avicultura, piscicultura e herpetocultura, uma vez que os insectos fazem parte da sua alimentação no habitat natural. Além disso os insetos podem ser alimentados com desperdícios orgânicos como estrume ou vísceras de peixe, sem problemas de ética ou de repulsa (Rumpold & Schlüter, 2013).

As térmitas podem ainda ser utilizadas para decompor madeira e posteriormente servir de alimento (Mitsuhashi, 2010). De acordo com Chung (2010) as térmitas são o segundo inseto mais consumido no mundo e são altamente ricas em proteína e gordura.

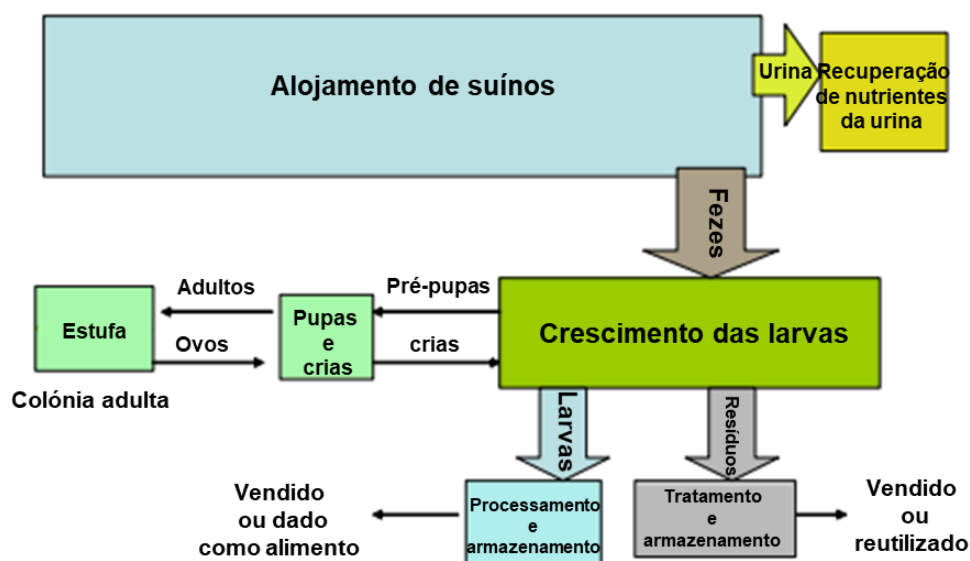
Os gafanhotos demonstram grande potencial para a avicultura, uma vez que são ricos em proteína (mais do que farinha de soja ou de peixe) e ricos em micronutrientes como Ca, Mg, Zn, Fe e Cu (Anand, Ganguly & Haldar, 2008). Nas Filipinas os gafanhotos são oferecidos a frangos em regime extensivo, e segundo Litton (1993) estes animais são muitos mais saborosos e vendidos a um preço muito mais alto que aqueles alimentados com alimento convencional.

Num estudo feito por Hwangbo et al. (2009) suplementar a alimentação de galinhas com 10 a 15% de larvas de mosca doméstica, aumentou as performances de crescimento e a qualidade da carcaça. A justificação para tal, seria o excelente perfil de aminoácidos, o alto teor proteico de aproximadamente 64%, e a alta digestibilidade de 98,5%, das larvas utilizadas. Essas larvas de mosca podem ainda ser utilizadas para transformar os excrementos em biomassa (Calvert, 1979; El Boushy, 1991; Hwangbo et al., 2009).

As moscas da espécie *Hermetia illucens* ("black soldier fly") são originárias e comuns nos Estados Unidos e, segundo Sheppard, Newton, Thompson, & Savage, (1994), as larvas conseguem eficientemente converter o estrume produzido em avicultura em alimento.

De acordo com Newton, Watson, Dove, Sheppard, & Burtle (2005), é possível criar um sistema para a engorda das larvas das "black soldier fly", apenas utilizando os dejetos dos suínos. Após esse processo, as larvas podem ser utilizadas para alimento, ou transferidas para formarem pupa e posteriormente integrarem a colónica adulta após a metamorfose como demonstra a figura 1.

Figura 1 - Produção e utilização de *Hermetia illucens* em suinicultura (Adaptado de: Newton, Watson, Dove, Sheppard, & Burtle (2005)).



2.7. Aspetos ambientais

Apesar do alto conteúdo proteico e perfil nutritivo dos insetos é preciso avaliar se a produção de insetos comestíveis pode vir a substituir produtos de carne e ser aplicado como constituinte de alimentos para animais de produção. É necessário também avaliar se o impacto no ambiente é semelhante ou não, a outros sistemas de produção. Embora represente um enorme potencial, a quantidade de dados disponíveis é pouca (Rumpold & Schlüter, 2013).

De modo geral ao longo dos anos, entre 1980 e 2004, o consumo de carne tem vindo a aumentar principalmente nos países desenvolvidos. Este aumento deve-se a uma mudança de hábitos alimentares (FAO, 2005), resultando num aumento da procura de produtos cárneos, havendo também procura de terreno e de água fresca para a produção animal. Consequentemente, assistir-se-à a uma maior produção de gás e efeito de estufa.

Mekonnen e Hoekstra (2010) estudaram os gastos estimados de água para produção de carne, sendo 15400 l/kg vaca, 6000 l/kg porco e 3400 l/kg frango. Considerando que os gastos de água para alimentação são os maiores dentro dos gastos de água na produção animal, a baixa eficiência de conversão energética especialmente em bovinos, é notória. Os gastos de água passam não só pela água potável para os animais beberem, mas principalmente para o cultivo do seu alimento. Uma vez que os insetos têm uma maior eficiência de conversão alimentar, por serem de sangue frio conseguem retirar todas as necessidades de água diretamente dos alimentos, não tendo que obrigatoriamente beber água, e deste modo conseguem reduzir a quantidade de água necessária para a produção animal. No entanto a conversão alimentar dos insetos depende da temperatura (Roe, Clifford, & Woodring, 1985).

A título conclusivo, o impacto ambiental da entomofagia, pode ser positivo na diminuição do uso de pesticidas, através recolha controlada de insetos comestíveis que sejam considerados pragas de culturas. Tendo em conta o conteúdo proteico das plantas (até 38% nas sementes de soja secas) (Saxholt, Christensen, Moller, Hartkopp, Hess Ygil, & Hels, 2009), e comparando com o de gafanhotos, faz rever as vantagens da recolha de insetos em vez do cultivo de plantas.

De acordo com DeFoliart (1997) na Tailândia um pequeno agricultor podia ganhar mais do dobro na mesma área, capturando gafanhotos, do que com o cultivo de milho.

Portanto, o crescimento demográfico promoveu a procura de fontes baratas de proteína animal associado à produção e fornecimento de alimentos que acompanhem o crescimento da população. Na resolução deste problema os insetos apresentam-se como uma solução plausível pela sua elevada diversidade e abundância (Wang, Zhai, Zhang, Bai, An & Xu, 2005). A utilização de insetos como fonte de proteína animal, quer em alimentos compostos para animais quer em produtos de alimentação humana, é uma alternativa viável na Europa. Esta prática promoveria um aumento da qualidade da proteína animal produzida (Hwangbo et al., 2009) com a diminuição do impacto ambiental. Oonincx et al. (2010) afirmam que as emissões de gases com efeito de estufa das explorações de insetos comestíveis são consideravelmente mais baixas do que as emissões de explorações de suínos. Relativamente ao amoníaco as emissões de cativeiros de insetos são mais baixas do que qualquer outra atividade pecuária convencional.

2.8. Legislação europeia sobre o uso de insetos nos alimentos

Com a globalização e crescente preocupação dos consumidores pela qualidade dos alimentos, os padrões de consumo sofreram mudanças drásticas nos últimos anos. Assim, a cadeia alimentar é mais longa e complexa devido ao comércio mundial de matérias primas e ingredientes. Por tudo isto a legislação alimentar tem sido alvo de uma preocupação crescente em vários países, incluindo na Europa. Contudo, como estes raramente são utilizados como alimentos também raramente se encontra legislação (FAO, 2013).

Não obstante, a legislação refere os limites máximos de vestígios de insetos nos alimentos quando não se pode evitar a sua presença, como é o caso dos regulamentos que integram a produção de produtos secos, como os grãos, farinha e especiarias, por exemplo. A ausência de legislação não se encontra relacionada com a negligência da temática, mas sim com a quantidade insignificante de insetos na alimentação. Caso estes se tornem num alimento mais utilizado na alimentação, quer animal quer humana, tornar-se-á necessário uma avaliação de risco para elaborar um quadro regulamentar adequado (FAO, 2013).

Já que atualmente a União Europeia não possui regulamentação específica, a utilização de insetos nos alimentos é integrada no Regulamento (CE) nº 258/97 (IPIFF, 2014).

Este regulamento prevê que os alimentos e ingredientes alimentares novos devem ser avaliados e receber autorização da União Europeia antes de serem colocados no mercado legalmente. A autorização abrange as condições de utilização, designação do novo ingrediente ou alimento e os requisitos específicos de rotulagem (IPIFF, 2014).

3. Utilização de linho na alimentação animal

O linho é uma das plantas cultivadas há mais tempo e que ainda hoje se cultiva. O linho tem várias aplicações, desde a utilização das suas fibras de palha na indústria têxtil até a utilização das sementes para a alimentação animal.

As sementes do linho podem ser incluídas nos regimes alimentares de diversas espécies de interesse zootécnico, e contêm cerca de 30-50% de óleo. Esta é uma das oleaginosas mais ricas em ácidos gordos ómega 3, cerca de 53% do total dos ácidos gordos (NRC, 2001), sendo utilizada nas dietas de vacas leiteiras para aumentar estes ácidos gordos no leite (Coneglian & Fracaro, 2008). Também a elevada proporção de PUFA (*Polyunsaturated fatty acids*) e que possui 32% de gordura com 60% dos ácidos gordos polinsaturados) contribui para o aumento da concentração de CLA (*Conjugated Linoleic Acid*) no leite dos animais (Ward, Wittenberg & Przybylski, 2002).

A utilização de sementes de linho na dieta de novilhos em engorda intensiva foi avaliada em Portugal por um grupo de trabalho liderado pelo professor Bessa (Bessa *et al.*, 2007). Este grupo de trabalho conclui que é possível melhorar a qualidade dietética da gordura da carne ao mesmo tempo que melhora a sua aceitação pelos consumidores. Com a introdução das sementes na alimentação dos bovinos o teor de ácidos gordos ómega 3 aumentou 2.6 vezes, enquanto que a concentração de ómega 6, reduziu a razão ómega 6/ómega 3 para valores muito próximos dos recomendados. Mais ainda, assistiu-se à redução da concentração de ácidos gordos saturados de forma benéfica pela redução do ácido palmítico, o principal ácido gordo saturado com efeitos hipercolesterémicos.

Também noutras espécies a semente de linho foi utilizada com efeitos positivos na qualidade dos produtos – composição dos ácidos gordos mais favorável, e melhoria das características organolépticas.

3.1. Utilização de óleo de linho na alimentação animal

O óleo de linho tem vindo a ser utilizado na alimentação animal, seja sob a forma de ingrediente (linhaça) ou extrudido. Foram realizados variados estudos, e num deles realizado por Yamamoto *et al.* (2005), pretendeu-se comparar os parâmetros zootécnicos e a digestibilidade, em dietas com 3 gorduras diferentes de origem vegetal (soja, canola e linhaça) na dieta de ovinos puros da raça Santa Inês, e cruzados de Santa Inês com Dorset.

Foram utilizados teores de proteína e gordura idênticos em todos os grupos de teste, e foi utilizado um grupo de controle de cada raça, e um grupo de cada raça para cada uma das gorduras utilizadas, chegando à conclusão que a digestibilidade da matéria seca e matéria orgânica em relação à dieta de controle (76,02% e 76,82%, respetivamente), foi mais baixa em todos os grupos, mas apenas significativa nos grupos cuja dieta estava suplementada com óleo de linho (72,11% e 72,97%, respetivamente). A digestibilidade do extracto etéreo foi menor nos grupos de controle do que em todos os grupos em teste.

Os óleos vegetais afectaram as digestibilidades das matérias seca e orgânica, mas não comprometeram a ingestão e digestão dos restantes nutrientes.

Em suínos, cruzados de raça Duroc, num estudo realizado por Kouba, Enser, Whittington, Nute, & Wood (2003), foi estudado o efeito da linhaça na sua alimentação, com abates em diferentes espaços de tempo de ensaio, e aparentemente não houve diferenças significativas no crescimento, ou características da carcaça. A alimentação com a linhaça, no entanto, aumentou o teor de PUFA n-3 no plasma, músculo e tecido adiposo, mas o ácido docosahexaenoico não foi alterado pela dieta. A dieta com linhaça produziu uma relação PUFA: SFA (*Saturated fatty acids*) $\geq 0,4$ que é próxima do valor recomendado para humanos. A dieta não afetou ($P > 0,05$) as actividades de acetil-coa carboxilase, enzima málica ou glicose-6-fosfato-desidrogenase. A inclusão de sementes de linho nas dietas de suínos é um método válido para melhorar o valor nutricional da carne sem afectar de forma prejudicial as características organoléticas, a oxidação ou a estabilidade da cor.

Na avicultura de carne, López-Ferrer, Baucells, Barroeta, Galobart, & Grashorn (2001), testaram os efeitos do uso de óleo de linhaça na dieta, em teores dos 0 aos 4%, em vários regimes, sendo os animais abatidos com idades diferentes. Constatou-se que aumentando os teores de óleo de linhaça, conseguia-se diminuir os teores de SFA e MUFA (*Monounsaturated fatty acids*), e aumentar os PUFA devido aos ácidos linoleico e linolénico. No entanto durações mais longas de alimentação com óleo de linhaça, não resultou na acumulação de tecido periférico de PUFA n-3 de longa cadeia.

Na produção de ovos, Beynen (2004), constatou que a composição de ácidos gordos na gordura do ovo correspondia à utilizada nas dietas: amendoim na dieta produziu o teor alto em ácido oleico, nos ovos; soja produziu teor alto em ácido linoleico; e linhaça aumentou o teor de ácido α -linolénico. As três dietas experimentais não influenciaram os teores de colesterol e de gordura dos ovos, mas o regime com linhaça diminuiu significativamente o peso dos ovos em 3,4% em média, em relação ao regime com soja.

Deste modo estão presentes indicadores de que os ovos, dependendo da sua composição, podem contribuir significativamente para as necessidades diárias do homem, em ácido docosahexanoico, que pode reduzir a probabilidade de ataque cardíaco.

3.2 Utilização de óleo de linho na alimentação do coelho

Na alimentação de coelhos em engorda também foram referidos efeitos na qualidade da carne. A adição de 3-5% de gordura animal ou vegetal ao alimento permite aumentar o nível energético sem reduzir o teor de fibra ou aumentar demasiado o teor de amido (Fraga, Lorente, Carabaño & De Blas, 1989).

Num estudo em que os regimes alimentares distribuídos a coelhos em crescimento – acabamento incluíram diferentes teores de gordura de linho e vitamina E, as carcaças mostraram ter qualidade semelhante e não houve diferenças no conteúdo muscular nos grupos experimentais. No entanto, a composição lipídica dos músculos das coxas, com a suplementação de 3,4% de óleo de linho na dieta, apresentou ser favorável no referente ao valor dietético na carne dos coelhos (Bielanski & Kowalska, 2008).

Segundo Gibney, Vorster e Kok (2002), há uma deposição considerável de vitamina E na carne quando adicionada à dieta dos coelhos. Este fato tem grande importância para o consumidor uma vez que para uma absorção apropriada de ácidos gordos polinsaturados, estes devem ser ingeridos juntamente com vitamina E devido a ser um antioxidante natural. O trabalho desenvolvido por Xiccato & Trocino (2003) sobre o aumento da quantidade de gordura de origem vegetal na dieta do coelho demonstrou que o uso de ácidos gordos insaturados essenciais pode reduzir o nível total de colesterol nos músculos e na gordura depositada. Este efeito ocorre através da estimulação ou inibição da actividade hepática da enzima HMG-CoA redutase (*3-hidroxi-3-methyl-glutaril-CoA redutase*) que controla a síntese do colesterol. Testaram vários níveis de gordura com e sem adição de vitamina E, sendo que a sua adição ao alimento na proporção de 100 mg/kg teve um efeito benéfico na redução da susceptibilidade de oxidação dos lípidos do músculo durante a congelação e armazenamento. Além desse efeito antioxidante, observaram-se os efeitos esperados quando se analisaram os ácidos gordos EPA (ácido eicosapentaenóico) e DHA (ácido docosahexaenoico) nos grupos experimentais (Bielanski & Kowalska, 2008).

Num estudo realizado por Szendrő et al. (2012) foi comparado o efeito do óleo de linhaça juntamente com Vitamina E e selénio na dieta de coelhos em crescimento. Foram submetidos vários grupos experimentais, a dois regimes alimentares com o mesmo teor de gordura adicionada (3% de óleo de girassol ou óleo de linho). Além da diferente origem da gordura, adicionaram vitamina E e selénio, sendo o teor de óleo de linho na dieta experimental cerca de quatro vezes superior ao da dieta controlo.

Os diferentes grupos em que testaram a dieta com óleo de linhaça, foram abatidos após alimentados durante 1 a 4 semanas, e não se verificaram diferenças significativas nos ganhos diários de peso corporal, na quantidade ingerida de alimento e no índice de conversão alimentar. Após o abate também não houveram diferenças significativas na qualidade das carcaças.

4. Gordura na alimentação do coelho

Os triglicéridos normalmente presentes na alimentação do coelho e nas gorduras animais/vegetais puras contêm primariamente ácidos gordos de média ou longa cadeia (C14-C20), sendo os mais comuns C16 e C18.

O coelho não tem grandes necessidades de gordura excepto uma pequena porção de ácidos gordos essenciais (INRA, 1989). Estas necessidades são facilmente satisfeitas com os lípidos presentes nas matérias primas convencionais utilizadas na formulação de alimentos compostos para coelhos. Tradicionalmente, a alimentação é baseada em dietas moderadas ou baixas em energia, não sendo comum adicionar-se gorduras ou óleos em estado puro. Da gordura bruta da dieta, apenas uma parte é composta por triglicéridos, sendo que o restante é composto por glicolípidos, fosfolípidos, ceras, carotenoides e saponinas (Van Soest, 1982; Cheeke, 1987). Todas estas substâncias são solúveis em éter etílico ou éter de petróleo, solventes utilizados para determinar a gordura bruta ou o teor de extrato etéreo, pelo sistema analítico de Weende. Esses lípidos têm uma digestibilidade e utilização metabólica muito baixas sendo considerados pouco relevantes do ponto de vista nutricional.

A inclusão de quantidades de gordura limitadas na dieta, aumenta a concentração energética do alimento e estimula o consumo de energia por parte da fêmea durante a lactação, uma vez que está em défice nessa fase (Xiccato, 1996; Pascual et al., 2003, 2006).

No desmame a adição de gordura na dieta ajuda a melhorar a condição corporal e estimula o desenvolvimento do sistema imunitário (Xiccato, Trocino, Sartori, & Queaque, 2003; Maertens, Cavani, & Petracci, 2005).

Segundo Hernández (2008) no crescimento e engorda a suplementação de gordura pode favoravelmente mudar o perfil de ácidos gordos e o valor nutricional da carne.

Em suma, são reconhecidas quatro propriedades essenciais na utilização de gorduras e óleo nas dietas dos coelhos:

- Elevado conteúdo de energia metabolizável;
- Elevada eficiência metabólica da energia;
- Melhoria na utilização das proteínas da dieta;
- Fornecimento de ácidos gordos essenciais.

Alguns investigadores verificaram nos seus trabalhos que os coelhos toleram a adição de níveis significativos de gordura na dieta. A incorporação de gordura na dieta de animais de produção de gordura era apenas encarada como uma forma de aumentar a densidade energética da dieta. Contudo, recentemente esta tem adquirido importância com a verificação da relação com a estrutura química dos ácidos gordos, qualidade dos lípidos e perfil sanguíneo, e no tecido adiposo observados.

O valor nutritivo das gorduras e dos óleos depende do material utilizado e do seu processamento. A sua qualidade pode ser mensurada pelo valor nutricional e pelos indicadores químicos, como os peróxidos (Ferreira, Saad & Pereira, nd).

As fontes de gordura animal são diversas e são uma parte substancial da gordura adicionada à dieta dos coelhos, sendo as outras fontes provenientes de óleos vegetais comestíveis e em menor quantidade obtida pela extração de frutos, cereais e sementes (Ferreira, Saad & Pereira, nd).

Nos últimos tempos tem-se assistido ao aumento da utilização de grãos integrais como fonte de óleos, tais como as sementes de soja e girassol, sendo que ambos apresentam uma elevada digestibilidade.

4.1. Influência da gordura na digestibilidade

A capacidade de os coelhos digerirem bem os lípidos vem do facto da elevada actividade das lípases secretadas.

Os láparos são capazes de ingerir e digerir eficientemente grandes quantidades de lípidos do leite, sendo que cerca de 40% da gordura do leite consiste em ácidos gordos de cadeia média (C8 e C10). Os coelhos digerem lípidos na dieta tal como outros animais monogástricos. Excetuando sebo de bovino, baixos teores de gordura ou óleo adicionados na dieta, são quase 100% digestíveis (Maertens, 1998).

Gorduras e óleos são digeridos no intestino delgado. Na digestão há uma divisão entre os ácidos gordos e os triglicéridos, realizada pelas lípases segregadas pelo pâncreas. A biliar, produzida no fígado para o duodeno, contém sais biliares que emulsionam gorduras e que também intervêm na absorção da gordura (Maertens, 1998).

Ainda segundo Maertens (1998), ácidos gordos, sais biliares e outros materiais lipossolúveis, agregam-se em micelas que transportam a gordura para as vilosidades membranares, onde se dá a absorção. Assume-se que a digestão da gordura no coelho ocorra primariamente no intestino delgado com mecanismos semelhantes a outros animais monogástricos.

A hidrólise ácida de amostras fecais antes da extração com éter evita a subestimação de gordura por causa da formação de sabão de cálcio (Maertens et. al, 1986).

O coeficiente de digestibilidade da gordura nos grãos de cereais é considerado de 80 a 90%, enquanto que subprodutos dos mesmos e farinhas oleosas, apresentam menor digestibilidade (Maertens et al., 1990). Segundo Maertens & Salifou (1997), subprodutos com quantidades significativas de gordura, se não forem demasiado lenhinificadas, apresentam uma elevada digestibilidade, semelhante à dos grãos de cervejeira.

A gordura ligada a estruturas de plantas nas matérias primas convencionais têm uma menor disponibilidade de enzimas digestivas e conseqüentemente uma menor digestibilidade.

Farinha de alfalfa e forragens são um exemplo com um coeficiente de digestibilidade da gordura aproximadamente de 50% (Martens et al., 1990).

Podemos assumir que os lípidos das forragens tropicais apresentam uma moderada digestibilidade, no entanto a digestibilidade de proteínas é baixa, como determinado por Raharjo, Cheeke, & Patton (1986).

Dietas que contêm grandes quantidades de lípidos, especialmente de oleaginosas, demonstram um maior CDG (coeficiente de digestibilidade da gordura). A soja integral ou colza têm um CDG de 90 a 95% (Fernandez, Cobos, & Fraga, 1994; Maertens, Luzi, & Huybrechts, 1996). Por sua vez, os óleos vegetais são altamente digestíveis e o CDG aumenta consoante o grau de insaturação (Santoma, De Blas, Carabaño, & Fraga, 1987; Fernandez, Cobos, & Fraga, 1994), enquanto as gorduras animais contêm usualmente um maior nível de ácidos gordos saturados (C16 e C18) e um nível mais baixo de insaturados.

As gorduras adicionadas têm um efeito sinérgico na digestibilidade da fracção de gordura da dieta (Fernandez, Cobos, & Fraga, 1994). Como resultado, tanto da quantidade de energia bruta como da alta digestibilidade da gordura adicionada ou de alimentos gordos, a energia digestível da dieta aumenta. Por cada ponto percentual adicionado de gordura, um aumento de aproximadamente 250 joule é esperado de acordo com Santoma, et al. (1987) e Fernandez et al., (1994). No entanto, poderá ser apenas válido em pequenas porções de gordura na dieta.

Vários investigadores comprovaram que o conteúdo de fibra é um factor determinante na digestibilidade da dieta, contudo a quantidade de fibra não pode ser utilizada como um indicador de previsão da energia digestível de dietas com suplementação de gordura.

Como já referido anteriormente as gorduras vegetais apresentam um teor de ácidos gordos insaturados superior, pelo facto de serem emulsificados mais facilmente no trato digestivo e, assim, são absorvidos com maior facilidade do que os ácidos gordos saturados (Ferreira, Saad & Pereira, nd).

Ferreira, Saad & Pereira (nd) consideram que o aumento da quantidade de gordura na dieta aumenta a digestibilidade proteica. Este factor é importante uma vez que os coelhos em crescimento regulam a ingestão de acordo com o nível energético da dieta. Assim, os limites de fibra, e energia, podem ser optimizados pela adição de gordura.

O processo de digestão de gorduras no coelho é idêntico ao que ocorre nos animais não ruminantes (Xiccato, 2010) como descrito na figura 2.

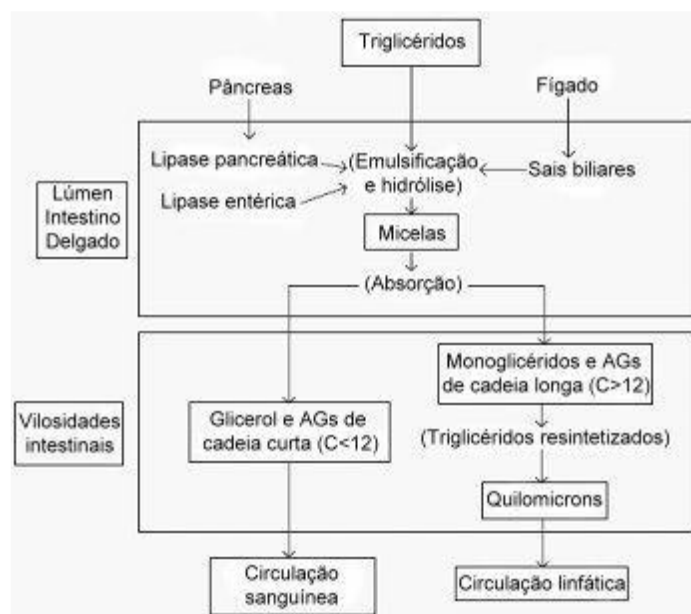
No duodeno os triglicéridos são emulsificados pelos sais biliares segregados pelo fígado, enquanto as enzimas segregadas pelo pâncreas, especialmente as lipases, hidrolizam os triglicéridos e separam os seus componentes, o glicerol, ácidos gordos livres e monoglicérido, que, por sua vez, permanecem agregados aos sais biliares, formando as micelas que transportam as gorduras até as vilosidades e são absorvidas nos enterócitos (Xiccato, 2010). Depois da absorção o glicerol e os ácidos gordos de cadeia curta passam para a corrente sanguínea, circulando com os ácidos gordos não esterificados, enquanto os monoglicéridos e os ácidos gordos de cadeia longa e média são transformados em novos triglicéridos.

Já os ácidos gordos esterificados nos triglicéridos são transportados pelos quilomicrons na corrente linfática, pelo que podem ser diretamente integrados no tecido adiposo, ou, em animais em lactação, transferidos para o leite (Xiccato, 2010).

Por tudo isto, é possível alterar a composição de ácidos gordos nos tecidos dos animais pela manipulação da fração lipídica da dieta (Xiccato, 2010).

Xiccato (2010) afirma que não existem necessidades específicas para o teor de gordura a incluir nas dietas dos coelhos, mas é necessário garantir a presença de ácidos gordos essenciais, como o ómega 3 e 6, cujas necessidades são facilmente suprimidas pelos alimentos da dieta tradicional.

Figura 2 - Digestão e absorção de gorduras em monogástricos (Fonte: Xiccato (2010)).



4.2. Influência da gordura nos resultados zootécnicos

Um aumento da energia digestível da dieta resultante da inclusão de gordura na dieta provoca uma diminuição na ingestão de alimento. No entanto, em ensaios experimentais em que óleo, gordura ou matérias primas ricas em gordura, foram usados, o consumo de energia digestível é superior (Partridge, Findlay, & Fordyce, 1986; Santoma et al., 1987; Maertens, Moermans, & Groole, 1988; Cervera, Blas, & Fernandez, 1997).

Os ganhos de peso de coelhos com 8 a 10 semanas não são influenciados pelo uso de animais de crescimento rápido (linha genética), no entanto com a adição de gordura na dieta, o consumo da energia digestível aumenta e deste modo é conseguida uma ligeira melhoria na taxa de crescimento, segundo Fernandez e Fraga (1996).

Sob condições ambientais de temperaturas elevadas, de acordo com Cervera et al. (1997) dietas com gordura adicionada melhoram a performance de crescimento dos animais pela maior ingestão de energia apesar do consumo de alimento ser menor. No entanto este ganho de peso é limitado até 5% em temperaturas de 30°C, e até 10% com 33°C, enquanto que o efeito supressor do crescimento nessas temperaturas é de 32% e 43%, respectivamente.

Quando uma gordura e concentrado proteico foram adicionados simultaneamente num rácio 30:70, numa dieta convencional, houve um ligeiro efeito positivo nas *performances* dos animais, durante os meses quentes (Borgida & Duperray, 1992). O efeito foi mais evidente logo após o desmame e pode ser parcialmente atribuído à alta qualidade da proteína que terá sido utilizada.

Estes autores também notaram melhorias visíveis na qualidade da pele dos coelhos, quando alimentados com dieta cuja gordura foi adicionada. Cheeke (1987) corroborou esse relato adicionando óleo vegetal (óleo de milho) na dieta, observando-se um pêlo mais brilhante e sedoso.

Numerosos estudos demonstram que a quantidade de energia da dieta é o factor mais importante na ingestão de alimento (Lebas, 1989). Os coelhos tentam ajustar a ingestão voluntária de acordo com as concentrações energéticas no alimento. Esta regulação de consumo só é possível com uma concentração de energia digestível acima de 9,3 MJ/kg para garantir uma ingestão diária constante de energia (Maertens, 1992) e com condições ambientais de conforto térmico (Cervera et al., 1997).

De acordo com estudos feitos por Santoma et al., (1987), Fernandez & Fraga (1996) e Cervera et al. (1997), não há provas de que os coelhos toleram ou aceitam melhor os óleos vegetais em relação às gorduras animais, no entanto certos subprodutos da indústria de refinaria dos óleos podem diminuir a ingestão voluntária dos animais. É preciso cuidado com as condições de armazenamento para evitar rancificações (Cheeke, 1987), sendo que os antioxidantes ajudam na sua conservação.

Ferreira, Saad e Pereira (nd) consideram que a dieta com suplementação de gordura, nos coelhos, promove as seguintes condições:

- Induz a melhoria no índice de conversão, verificado nos coelhos em crescimento e relacionando-se com a diminuição da taxa de ingestão;
- Nas coelhas gestantes regula a quantidade de ingestão de acordo com o nível energético do alimento composto, bem como com o aumento da ingestão de energia digestível, e taxa de mortalidade no nascimento;
- Nas coelhas lactantes a adição de gordura na dieta parece não modificar a quantidade de alimentos ingeridos, com o aumento da quantidade de energia ingerida;
- Pela maior ingestão de energia digestível pelas coelhas lactantes assiste-se a um aumento da produção de leite e melhor desempenho da ninhada relativamente à taxa de crescimento e sobrevivência;
- A taxa de sobrevivência parece encontrar-se mais relacionada com a ingestão de energia digestível pelas crias do que à composição de ácidos gordos do leite.

4.3. Influência da gordura na qualidade da carne do coelho

Aumentar o teor de matéria gorda da dieta melhora o seu nível energético, aumentando num maior consumo de energia digestível e melhor crescimento e eficiência alimentar (Maertens, 1998; Xicatto, 1999; Dalle Zotte, 2002). A quantidade e a fonte da gordura na dieta podem ter diferentes impactos na carcaça e qualidade da carne.

Por conseguinte, a resposta à adição da gordura na dieta consiste na relação entre a ingestão e a retenção da energia ingerida. Logo, o ganho de peso vivo não é recomendado como forma de avaliação da suplementação energética, mas sim a avaliação do rendimento da carcaça e qualidade da mesma, pela deposição de ácidos gordos (Hernández & Dalle Zotte, 2010).

Segundo Castellini e Battaglini (1992) níveis de gordura na ordem das 20-60 g/kg aumentam o rendimento da carcaça, e de acordo com Fernández e Fraga (1996) aumentam também a quantidade de gordura dissecável. Um aumento da gordura na dieta maior que esse valor, pode prejudicar a qualidade da carcaça devido ao excesso de tecido adiposo, no entanto pode aumentar a quantidade de lípidos na carne, melhorando a sua qualidade devido á influência da gordura muscular nas características sensoriais como suculência e tenrura (Pla e Cervera, 1997).

A fração lipídica tem grande importância na saúde do consumidor. É recomendado o consumo de ómega 3 PUFA devido ao papel que desempenha na prevenção de doenças cardiovasculares, aterosclerose, entre outras (Goodnight, 1993; Simopoulos, 2002).

A adição de gordura vegetal e animal levam a diferenças na qualidade da carne, no que diz respeito à composição de ácidos gordos e sabor.

Testes sensoriais atribuem um sabor mais forte ("*liver flavour*") na carne de coelhos com gordura animal na dieta, enquanto que quando alimentados com gordura vegetal a carne tem um sabor mais suave ("*grass flavour*"), no entanto a textura parece idêntica (Oliver, Guerrero, Diaz, Gispert, Pla, & Blasco, 1997; Hernández, Pla, Oliver, & Blasco, 2000).

O uso de linhaça na dieta seja sob a forma de semente inteira, extrudida ou sob a forma de óleo de acordo com vários autores é uma boa forma de aumentar ácidos gordos polinsaturados n-3 e reduzir o rácio entre ómega 6 e ómega 3. Segundo Dal Bosco, Castellini, Bianchi, & Mugnai (2004), a capacidade de os coelhos sintetizarem ácidos gordos polinsaturados de cadeia longa a partir da dieta, não altera a estabilidade oxidativa nem a qualidade sensorial da carne.

Tres, Bou, Codomy, & Guardiola (2008), avaliaram os efeitos da inclusão de gordura animal na dieta do coelho (sebo de bovino), em relação à inclusão de óleo de girassol (rico em ómega 6) e à inclusão de óleo de linhaça (rico em ómega 3), em separado, e em diferentes quantidades (0, 15 e 30g/kg), chegando á conclusão que a composição de ácidos gordos da carne terá sido afectada, e que nutricionalmente o uso de óleo de linhaça terá sido o mais favorável.

5. Materiais e Métodos

O trabalho experimental apresentado nesta dissertação foi desenvolvido no setor da Produção Animal do ISA (Instituto Superior de Agronomia), com o objetivo de estudar a utilização da gordura de insetos na alimentação do coelho, comparando com a utilização de óleo de linho adicionado através de linho extrudido.

5.1. Animais

Utilizaram-se 48 coelhos, vindos de uma exploração cunícola, com 5 semanas de idade, com pesos compreendidos entre 863,8 e 1262,4 g, com um peso médio de 1046,6 g. O coelho *standard* é exemplificado na figura 3.

Foram divididos em 4 grupos em função do peso, e todos os animais foram identificados através de um número escrito na orelha.

Foram mantidos em gaiolas de digestibilidade individuais, para controle da quantidade ingerida e excretada.

Os animais tiveram alimento e água *ad libitum* durante todo o ensaio tendo o controlo de ingestão sido realizado através da pesagem do refugo.

A pesagem dos animais foi realizada semanalmente durante todo o período experimental.

Figura 3 - Coelho *standard* utilizado neste estudo (Original).



5.2. Regimes alimentares

Foram formulados 4 regimes alimentares isoproteicos e com um teor semelhante de constituintes da parede vegetal, mas com dois teores de gordura de natureza diferente – 2 naturezas x 2 teores (Tabela 5, 6 e 7). Os regimes alimentares foram processados na fábrica de alimentos compostos do ISA. Foram fabricados 80kg de cada regime. A preparação dos regimes começou pela moenda das matérias-primas num moinho de martelos, e de seguida pesadas e colocadas numa misturadora horizontal. Nos regimes com o óleo de insectos, o mesmo foi conservado em estado sólido, e derretido em banho maria para adicionar à mistura na misturadora. O óleo de linho foi adicionado sob a forma de linho extrudido. As misturas foram depois à granuladora, e o granulado foi deixado arrefecer naturalmente e armazenado isoladamente em caixas grandes, devidamente identificadas.

Tabela 5 - Composição centesimal dos regimes alimentares experimentais dos coelhos (em % Matéria Seca).

	Regimes alimentares (%)			
	Óleo de inseto		Óleo de linho	
Teor de Gordura	Baixo	Alto	Baixo	Alto
Ingredientes	-	-	-	-
Trigo	26,08	21,11	28,08	24,58
Sêmea de trigo	14,0	14,0	10,0	7,5
Polpa de beterraba	10,0	10,0	10,0	10,0
Bagaço de girassol	10,5	12,5	7,5	5,0
Bagaço de soja	15,0	15,0	13,0	11,5
Palha de trigo	10,0	10,0	10,0	10,0
Farinha de luzerna desidratada	10,0	10,0	10,0	10,0
DL - Metionina	0,07	0,04	0,07	0,07
Óleo de <i>Hermetia illucens</i>	3,0	6,0	-	-
15w3 *	-	-	10,0	20,0
Premix**	0,2	0,2	0,2	0,2
Cloreto de sódio	0,5	0,5	0,5	0,5
Carbonato de cálcio	0,65	0,65	0,65	0,65

* 15w3: Composição química: PB=19%; GB=29%; FB=11,5%; Cinza=4,3%;

ingredientes: semente de linho, sêmea de trigo e bagaço de girassol

** Premix fornecido por kg de dieta completa: vitamina A, 1000UI; vitamina D3, 1500UI; vitamina E, 15mg; vitamina K3, 1.5mg; vitamina B1, 1mg; vitamina B2, 2mg; vitamina B6, 1.5mg; vitamina B12, 0.01mg; ácido pantoténico, 8mg; ácido nicotínico, 25mg; biotina, 0.02mg; betaina, 136.5mg; robenidina, 50mg; Co, 0.7mg; Cu, 5mg; Fe, 30mg; I, 1mg; Mn, 15mg; Se, 0.2mg; Zn, 30mg; etoxiquina 12.5mg.

Tabela 6 - Composição química dos regimes alimentares experimentais (em %).

Composição Química (%)				
	Óleo de inseto		Óleo de linho	
Teor de Gordura	Baixo	Alto	Baixo	Alto
Matéria Seca	91,1	91,4	91,3	91,8
Matéria Orgânica	83,4	83,5	84,1	84,4
Proteína Bruta	16,2	16,2	16,2	16,4
Gordura Bruta	4,7	7,9	5,2	7,9
Cinza	7,6	7,9	7,2	7,4
NDF	31,4	32,1	29,9	29
ADF	16,5	17,1	15,9	15,3
ADL	3,1	3,7	3,1	3,9
Hemicelulose (NDF-ADF)	14,9	15,0	14,1	13,7
Celulose (ADF-ADL)	13,4	13,4	12,8	11,4
Energia Bruta (MJ/kg)	17,34	18,00	17,38	18,06

Tabela 7 - Composição de ácidos gordos (%) das gorduras adicionadas e dos regimes alimentares.

	gorduras adicionadas		regimes alimentares			
Fonte	Insetos	Linho	Óleo insetos		Óleo de linho	
Teor	-	-	Baixo	Alto	Baixo	Alto
ácidos gordos saturados¹	65,54	10,5	46,78	56,0	16,12	13,56
ácidos gordos monoinsaturados¹	13,32	21,05	14,67	13,68	19,67	20,44
ácidos gordos polinsaturados¹	21,14	68,45	38,55	30,32	64,21	66,0
Extrato etéreo (g/kg)²	-	290*	47	79	52	79

*valor dado pelos fornecedores

¹determinações realizadas no laboratório Sistemas de Produção Animal, FMV

²determinações realizadas no laboratório Prof. Paes de Azevedo, ISA.

5.3 Delineamento experimental

Para efetuar este estudo, foram submetidos durante 5 semanas, 4 grupos de 12 animais cada, com 5 semanas de idade. Cada um destes grupos foi alimentado com um regime alimentar diferente sendo 2 deles com gordura de linho e 2 com gordura de insetos (1 regime de cada gordura teria mais % da mesma que o outro regime), e cada animal alojado individualmente como ilustrado na figura 4.

A alimentação foi *ad libitum*, tendo sido controlada a ingestão de alimento 3 vezes por semana nas primeiras 3 semanas, 5 vezes na 4ª semana, e 4 vezes na 5ª semana, através da pesagem do refugo. Os animais foram pesados semanalmente no início de todas as semanas e sempre à 2ª feira.

Durante a 4ª semana do ensaio as fezes foram recolhidas para a determinação da digestibilidade, e pesadas diariamente desde 3ª a 6ª feira, embaladas em sacos devidamente identificados, e congeladas de seguida.

No final do ensaio experimental (após as 5 semanas), os animais foram abatidos, tendo sido pesados os animais vivos, a carcaça, o aparelho digestivo cheio, o fígado, o estômago e o ceco cheios e vazios, e ainda a gordura inter-escapular e peri-renal. Recolheram-se os conteúdos gástricos e cecais para medição do pH.

Também se separou o *Longissimus dorsi* para análise colorimétrica da carne.

Figura 4 - Alojamento dos animais (Original).



5.4. Análises químicas

Amostras de alimentos, dos regimes alimentares e das fezes depois de descongeladas e secas a 60°C durante 48h, foram moídas num moinho de Retsch com um crivo de 1mm. Todas as amostras moídas foram colocadas em frascos de vidros identificados, a aguardar posteriores análises.

A matéria seca (MS) foi determinada através da secagem de cada amostra (2g), durante 24h na estufa a 103°C e a cinza através da incineração da amostra na mufla a 550°C.

A proteína bruta (PB) foi determinada pelo método de Kjeldahl através de procedimentos de digestão, destilação e titulação, multiplicando o azoto determinado por 6,25.

O NDF (fibra em detergente neutro), o ADF (fibra em detergente ácido) e o ADL (lenhina em detergente ácido) foram determinados segundo Van Soest et al. (1991). A hemicelulose obteve-se por diferença entre o NDF e o ADF, e a celulose obteve-se por diferença entre o ADF e o ADL.

A gordura bruta foi determinada pelo método de Soxhlet através de procedimentos de hidrólise e extracção utilizando 3g de amostra, passando cada um deles pela estufa a 60°C durante 24h.

Para maior rigor, foram feitas análises em triplicado para as amostras dos regimes alimentares e em duplicado para as fezes recolhidas.

A energia dos alimentos e das fezes foram determinadas por combustão numa bomba calorimétrica, tendo sido utilizadas 0,7 a 1g de amostra previamente moída, passando por uma prensa de pastilhas de modo a obter uma amostra compressa.

Após os abates, dissecação e homogeneização das amostras, o pH dos conteúdos gástricos e cecais foi medido através de um eléctrodo de vidro.

A análise à cor da carne, foi realizada no musculo *Longissimus dorsi* do coelho, e os resultados encontram-se na tabela 13. Foi determinada através do sistema de coordenadas CIElab, que consiste na Luminosidade (L^*), que varia do preto (0) ao branco (100), e nas componentes cromáticas a^* e b^* , que vão desde o verde ($-a^*$) ao vermelho ($+a^*$), e do azul ($-b^*$) ao amarelo ($+b^*$), respectivamente.

5.5. Análise estatística

Os dados foram analisados de acordo com o arranjo factorial 2X2, incluindo no modelo os efeitos principais (natureza e teor de gordura) e a interação entre ambos. O tratamento estatístico foi efetuado através do procedimento *General Linear Model* (GLM) do programa (SAS) (SAS, 1991).

6. Resultados e Discussão

6.1. Resultados zootécnicos

Os resultados zootécnicos observados durante as 5 semanas experimentais apresentam-se na tabela 8. Não foram utilizados os dados dos coelhos que morreram durante o ensaio. Não foram observadas diferenças significativas nos aumentos diários de peso, nas quantidades ingeridas de alimento nem no índice de conversão.

Inicialmente tinha sido feita divisão das 5 semanas totais de ensaio, por dois períodos (2 semanas iniciais e 3 semanas finais), mas como os resultados não mostraram diferenças significativas, não faria sentido continuar a separação dos resultados.

Tabela 8 - Efeito da fonte e teor lipídicos na ingestão de alimento e crescimento, desde o desmame até ao abate (35 aos 70 dias de idade).

Fonte	Óleo insetos		Óleo linho		RMSE	Natureza	Teor	FxT
	Teor	Baixo	Alto	Baixo				
Número final de coelhos		11	8	9	10	-	-	-
Peso inicial (35dias)		1037,8	1052,9	1040,0	1055,8	98,11	0,927	0,642
Peso final (70dias)		2447,9	2352,7	2394,5	2425,8	374,43	0,936	0,795
Ingestão diária (g)		120,4	109,4	115,8	110,5	24,63	0,826	0,319
GMD (g)		41,5	38,2	39,8	40,3	9,94	0,950	0,674
IC		2,96	2,88	2,91	2,80	0,257	0,429	0,263
Mortalidade		1	4	3	2	-	-	-

*RMSE: root mean square error

Os valores de ganho médio diário (GMD) foram semelhantes, variando em média por regime, de 38,2g a 41,5g embora abaixo dos ganhos médios diários atualmente referidos na bibliografia em ensaios desta natureza (Gidenne, Lebas e Fortun-Lamothe (2010); Xiccato & Trocino (2010)) provavelmente devido à linha genética utilizada na exploração da origem dos coelhos. Contudo e considerando que este ensaio é um estudo comparativo, este facto terá importância nos valores absolutos, mas não nos valores relativos.

Outros autores como Fernandez e Fraga (1996), têm observado uma melhoria de eficiência alimentar com o aumento da concentração energética das dietas com a incorporação de gorduras nos regimes alimentares.

De acordo com os resultados apresentados a natureza da gordura não teve efeito nos resultados zootécnicos observados neste ensaio, tal como demonstrado em estudos de outros autores, utilizando óleo de peixe (Rodríguez, Carro, Valiente, Formoso-Rafferty, & Rebollar, 2017).

6.2. Resultados da digestibilidade

Na tabela 9, apresentam-se os resultados da digestibilidade das várias fracções analíticas consideradas. Verifica-se que há um efeito muito significativo da natureza da gordura incluída nas dietas ($P < 0,0001$) na digestibilidade da matéria seca e na da matéria orgânica. Os regimes com óleo de insectos tem uma digestibilidade da MS (Matéria Seca) e da MO (Matéria Orgânica) cerca de 95% da digestibilidade das mesmas fracções dos regimes com óleo de linho, sendo em média a digestibilidade da MS e MO, dos regimes com óleo de linho, 65% e 66% respetivamente, vs 62% e 63% dos regimes com óleo de insectos.

Tabela 9 - Efeito da natureza e teor de gordura dos regimes alimentares na digestibilidade aparente (%).

Fonte	Óleo insectos		Óleo linho		RMSE	Natureza	Teor	FxT
Teor	Baixo	Alto	Baixo	Alto	**			
Nº coelhos	11	8	9	10	-	-	-	-
Matéria seca	62,2	60,9	64,1	65,2	2,05	<0,0001	0,929	0.085
Matéria orgânica	63,9	62,6	65,6	66,7	2,01	<0,0001	0,97	0.103
Proteína bruta	76,1	76,9	74,7	75,8	3,82	0,327	0,459	0.900
Extracto étereo	82,7	88,5	86,1	90,2	2,13	0,0005	<0,0001	0.250
NDF	22,1	21,8	24,2	24,5	4,06	0,079	0,975	0.840
ADF	11,3	11,2	14,8	13	4,66	0,098	0,532	0.583
Hemicelulose (NDF-ADF)	34	33,8	34,8	37,2	4,31	0,147	0,446	0.378
Celulose (ADF-ADL)	15,6	12,6	18,9	11,8	4,85	0,435	0,003	0.208
Energia bruta	63,1	63	63,8	66,1	2,47	0,022	0,172	0.139

**RMSE: root mean square error

A digestibilidade da PB foi em média 76,5% nos regimes com óleo de insectos, e de 75,3% nos de óleo de linho, não havendo efeitos significativos quer da natureza quer do teor. Pelo contrário, Ferreira, Saad & Pereira (nd), consideram que o teor de gordura tem efeito significativo na digestibilidade proteica, e que tem um papel importante em coelhos que estejam em crescimento, uma vez que os limites de fibra e energia podem ser otimizados.

O mesmo não se passa com a digestibilidade da gordura (Extrato Étere) e da Energia bruta, em que se observa um efeito altamente significativo com a natureza ($P<0,05$), e no caso do EE, também com o teor ($P<0,0001$), demonstrando que a digestibilidade é superior utilizando o óleo de linho.

A diferença do tipo de ácidos gordos presentes numa e noutra gordura é grande, uma vez que nos insetos são predominantemente saturados, e no linho mono e polinsaturados, havendo aqui uma claramente um efeito positivo no regime com óleo de linho, especialmente no com maior teor.

Maertens, Huyghebaert, & De Groote (1986), consideram que nas dietas sem adição de gordura a digestibilidade desta fracção é baixa, 45-65%, uma vez que os lípidos são essencialmente estruturais. As gorduras ligadas às estruturas celulares dificultam a sua digestão, pelo que ao adicionar gordura à dieta aumenta-se a digestibilidade pela maior disponibilidade dos lípidos na forma de triglicéridos (Xiccato, 2010).

A digestibilidade do extrato étere aumenta ligeiramente com o aumento do seu teor independentemente da fonte, mas diminui a digestibilidade da celulose. Uma razão para tal poderia ser o efeito das bactérias fibrolíticas, mas fica descartado uma vez que não tem efeito significativo na hemicelulose. Essas bactérias digerem celulose, amido, e alguma proteína não digerida no intestino delgado; vitaminas do complexo-B são produzidas juntamente com ácidos gordos voláteis e absorvidos diretamente na corrente sanguínea (Evans, 1991).

As digestibilidades das frações fibrosas das dietas em estudo não foram afetadas pela incorporação de gordura, exceto a da celulose que diminuiu ($P=0,033$) com o aumento do teor de gordura quer nos regimes com óleo de insetos quer nos regimes com óleo de linho.

No entanto, não ocorreu qualquer efeito no peso do ceco, em valor absoluto ou relativo, ou no pH do conteúdo cecal nos regimes com maior teor de gordura (tabela 11) que pudesse corroborar o resultado anterior.

O efeito da gordura na digestibilidade da fibra tem sido controverso, acreditando-se que o resultado obtido pelos vários investigadores resulte mais da natureza da fibra da dieta do que da natureza ou teor da gordura adicionada. Assim, alguns autores (Fernández, Cobos & Fraga, 1994) têm referido um efeito não negativo da gordura na digestibilidade da fibra embora outros não tenham observado uma interação tão evidente com a fracção de proteína e fibra da dieta (Fernandez et al., 1994; Falcão e Cunha, Ferreira, & Freire, 1998).

No caso presente não se verificou um efeito positivo ou negativo no NDF, com a adição de gordura, e é possível que a natureza da fibra das dietas possa influenciar os resultados obtidos. Os coelhos digerem mal a celulose (Fraga, 1990), o que parece um pouco paradoxal em animais que são naturalmente herbívoros. No entanto a baixa digestibilidade da fibra e a rápida eliminação de partículas grandes e de difícil digestão, permitem ao coelho manter um alto nível de ingestão (Sakaguchi, 1992).

6.3. Resultados do abate

Ao longo dos abates foram registados os pesos das carcaças, assim como dos vários órgãos, e seus conteúdos, e foram expressos em valor absoluto (g) e relativo (g/kg), como se pode verificar nas tabelas 10, 11 e 12.

Tabela 10 - Efeito da fonte e teor lipídicos no peso do aparelho digestivo (em valor absoluto e relativo).

Fonte	óleo insetos		óleo linhaça		RMSE	Fonte	Teor	FxT
Teor	Baixo	Alto	Baixo	Alto	*			
Nº coelhos	11	8	9	10	-	-	-	-
Peso abate (g)	2467,8	2381,1	2398,4	2443,0	375	0,986	0,874	0.604
Peso carcaça (g)	1330	1427	1489	1511	257	0,815	0,624	0.461
Rendimento carcaça (% peso vivo)	62,0	60,8	62,1	61,8	2,29	0,49	0,291	0.552
Aparelho digestivo cheio (g)	470,2	452,3	444,8	441	50,67	0,281	0,521	0.677
Aparelho digestivo cheio (g/kg peso abate)	190,1	195,4	188,3	183,5	30,68	0,515	0,994	0.622
fígado (g)	104,3	99,9	112,1	101,6	25,52	0,575	0,3768	0.718
fígado (g/kg peso carcaça)	69	75,4	76,5	67,5	18,25	0,974	0,839	0.216

*RMSE: root mean square error

Observando os valores dos parâmetros avaliados, poderá constatar-se que o rendimento das carcaças foi muito semelhante em todos os regimes (61,68% em média) e que não se registaram diferenças significativas.

Os pesos vivos ao abate e da carcaça, foram em média 2422,58 g e 1439,25 g respetivamente, não havendo diferenças significativas entre nenhum dos regimes.

Tabela 11 - Efeito da fonte e teor lipídicos no estômago e no ceco (em valor absoluto e relativo), e seus valores de pH.

Fonte	óleo insetos		óleo linhaça		RMSE *	Fonte	Teor	FxT
Teor	Baixo	Alto	Baixo	Alto				
Estômago vazio (g)	24,4	25,9	22,5	23,3	2,43	0,006	0,151	0.670
Estômago vazio (g/kg peso abate)	10	11,2	9,5	9,7	1,52	0,051	0,216	0.322
Ceco cheio (g)	135,3	127,8	123,9	118,2	23,4	0,189	0,409	0.911
Ceco cheio (g/kg peso abate)	56,9	56,5	53,1	51	18,13	0,449	0,836	0.888
Ceco vazio (g)	31,8	32,8	32,2	32	3,94	0,903	0,743	0.665
Ceco vazio (g/kg peso abate)	13,2	14,3	13,6	13,4	2,93	0,812	0,659	0.457
pH conteúdo estômago	1,73	1,61	1,91	1,46	0,6	0,93	0,161	0.418
pH conteúdo ceco	5,98	6,1	5,99	6,16	0,43	0,827	0,307	0.847

*RMSE: root mean square error

Não parecem haver diferenças significativas nos pesos, no entanto o estômago vazio em valor absoluto apresenta maior peso, quando a fonte de gordura são os insetos ($P=0,006$). Como não ocorreu maior ingestão de alimento com óleo de insectos é possível que tenha havido uma maior retenção de alimentos no estômago com estes regimes, que não se refletiu numa maior utilização digestiva destes.

Já o ceco vazio tem uma média de 13,63g/kg peso abate (1,36%), e é idêntico em todos os regimes.

O pH do estômago foi em média 1,68, e segundo Blas (1986) estava dentro do esperado ($<2,5$) em animais com alimentação *ad libitum* que comem em média 20 a 30 vezes por dia, uma vez que o alimento, a saliva e as fezes moles previnem a acidificação rápida, pelo que verificou um pH de 4-4,5 no estômago de coelhos 150min após alimentar os animais (24h de jejum). Deste modo provavelmente os animais não estavam em cecotrofia, nem teriam ingerido alimento.

Tabela 12 - Efeito da fonte e teor lipídicos na gordura inter-escapular, e peri-renal (em valor absoluto e relativo).

Fonte	óleo insetos		óleo linhaça		RMSE *	Font	Teor	FxT
Teor	Baixo	Alto	Baixo	Alto		e		
gordura inter-escapular (g)	9,3	9,9	9,3	9,3	3,68	0,865	0,912	0.910
gordura inter-escapular (g/kg peso carcaça)	6,0	5,8	6,0	6,0	1,81	0,854	0,861	0.956
gordura peri-renal (g)	28,3	24,8	24,9	28,6	8,89	0,94	0,982	0.229
gordura peri-renal (g/kg peso carcaça)	18,0	16,4	16,5	18,5	3,85	0,828	0,857	0.173

*RMSE: root mean square error

A quantidade de gordura inter-escapular não foi afectada significativamente pela natureza nem pelo teor de gordura adicionada na dieta, tanto em valor absoluto como relativo, sendo em média 6% do peso da carcaça. Também a quantidade de gordura depositada em torno dos rins não foi afectada pela natureza ou pelo teor da gordura da dieta.

Oliver, Guerrero, Diaz, Gispert, Pla, & Blasco (1997), estudaram o efeito da dieta na gordura peri-renal, utilizando suplementação de gordura animal vs gordura vegetal vs sem suplementação. Foi afetada a cor do músculo *Longissimus dorsi*, o seu pH, e o peso e composição em ácidos gordos, da gordura peri-renal. O seu peso foi de 14,2g no grupo sem suplementação, 24,4g no grupo suplementado com gordura animal e 23,0g no grupo suplementado com gordura vegetal.

Os valores do nosso ensaio são superiores, sendo notórias diferenças tanto com o teor, como na fonte da gordura, no entanto em valor médio, o peso em valor absoluto da gordura peri-renal utilizando óleo de insetos e de linhao, é de 26,55g e 26,75g respetivamente, não havendo diferenças significativas entre as duas fontes.

Tabela 13 - Efeito da natureza e do teor lipídicos nos valores colorimétricos L*a*b* da carne do coelho (*Longissimus dorsi*).

Fonte	óleo insectos		óleo linhaça		RMSE *	Fonte	Teor	FxT
Teor	Baixo	Alto	Baixo	Alto				
Nº coelhos	11	8	9	10	-	-	-	-
L*	49,36	48,97	48,29	48,89	1,842	0,346	0,865	0,431
a*	4,59	4,98	4,39	3,86	0,98	0,047	0,836	0,162
b*	-1,03	-0,92	-1,28	-1,07	0,914	0,521	0,596	0,870

*RMSE: root mean square error

Entre os resultados colorimétricos obtidos, não parecem haver diferenças significativas, no entanto nenhum dos valores se enquadra nos valores de referência de produção de coelho *standard*, de Hernández & Dalle Zotte (2010), em que L* seria entre 56 a 60 (vs 48,88 em média deste ensaio), a* seria entre 2,3 e 3,4 (vs 4,46 em média deste ensaio), e b* seria entre 4,0 e 5,0 (vs -1,08 em média deste ensaio). Apenas há efeito na tonalidade vermelha, sendo mais forte nos regimes com óleo de insetos (P=0,047).

A cor da carne é o fator mais importante para o consumidor, uma vez que é assim que faz a escolha no acto da compra, sendo que neste estudo a cor foi bastante afetada comparando com a carne de animais cuja dieta não foi suplementada.

Os factores que influenciam a variabilidade da cor são o tipo de músculo, o seu pH e a quantidade de mioglobinas (Ouhayoun & Dalle Zotte, 1993), idade e dieta (Dalle Zotte, Ouhayoun, Parigi Bini & Xiccato, 1996), e até a actividade do animal *in vivo* (Gondret, Hernandez, Remignon & Combes 2009). Comparando com carne de porco, peru e frango, em músculos similares, a carne de coelho é a mais clara, mas na tonalidade avermelhada ficar em terceiro lugar, depois do porco e do peru (Dalle Zotte, 2004; Molette, Remignon, & Babile, 2005).

7. Conclusão

De acordo com os resultados obtidos nas nossas condições experimentais os coelhos podem utilizar o óleo do inseto estudado (*Hermetia illucens*) como fonte de energia no seu regime alimentar, sem efeitos marcados na ingestão de alimento, crescimento ou rendimento da carcaça, apesar da sua mais baixa digestibilidade.

É possível afirmar que, os insetos podem ser utilizados na alimentação do coelho, e que os resultados não são significativamente diferentes em relação a outras fontes de gordura vegetal normalmente utilizadas como a estudada (proveniente do linho).

Na Europa ainda não se prevê a nível de legislação a utilização de insetos como alimento, mas poderá vir ser benéfico, uma vez que são relativamente fáceis de produzir em espaços pequenos, sem grande investimento nem mão-de-obra, e podendo ser classificado com um ingrediente de alta qualidade (em relação à sua digestibilidade e composição em ácidos gordos). Quanto aos custos da água na produção animal, e ao impacte ambiental, os insetos superam todos os atuais animais de produção, uma vez que conseguem retirar a água que necessitam apenas dos alimentos, e produzir muito menor quantidade de gases de efeito de estufa. Também seria necessário analisar o sabor do produto final quando utilizados insetos na dieta do coelho, pois por muita qualidade que possa ter, se o consumidor não aderir, não tem utilidade para o produtor.

Em relação ao perfil de ácidos gordos, o óleo de linho apresenta muito maior quantidade de PUFA, pelo que estudos á qualidade da carne são necessários para diferenciar o produto final. Seria importante também, estudar esta espécie de inseto, entre outras, em mais espécies pecuárias, assim como investir em sensibilização, relativamente à aceitação do consumidor em ingerir carne ou outros produtos animais, que poderão ter sido alimentados com insetos ou seus derivados.

8. Bibliografia

- Agbidiye, F. S., Ofuya, T. I. & Akindede, S. O. (2009). Some edible insect species consumed by the people of Benue State, Nigeria. *Pakistan Journal of Nutrition*, 8, 946-950.
- Anand, H., Ganguly, A. & Haldar, P. (2008). Potential value of acridids as high protein supplement for poultry feed. *International Journal of Poultry Science*, 7(7), 722-725.
- Baião, C. & Lara, C. (2005). Oil and fat in broiler nutrition. *Revista Brasileira Ciência Avícola*, Vol.7, Nº3.
- Barker, D., Fitzpatrick, M. & Dierenfeld, E. (1998). Nutrient composition of selected whole invertebrates. *Zoo Biology*, Vol.17, 123-134.
- Belluco, S., Losasso, C., Maggioletti, M., Alonzi, C., Paoletti, M. & Ricci, A. (2013). Edible insects in a food safety and nutritional perspective: a critical review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12, 296-313.
- Bessa, R., Alves, I., Belo, C., Pinto, J., Caseiro, A. & Barros, V. (2007). *Produção de carne de bovino enriquecida em ácidos gordo ómega-3*. EZN.
- Beynen, A. C. (2004). Fatty acid composition of eggs produced by hens fed diets containing groundnut, soya bean or linseed. *NJAS – Wageningen Journal of Life Sciences*, 52(1), 3-10.
- Bielanski, P. & Kowalska, D. (2008). Use of linseed oil and antioxidant (vitamin E) in rabbit diets to improve dietetic traits of rabbit meat. *Proceedings of the 9th World Rabbit Congress, Verona, Italy, 10-13 June 2008*, pp. 1319-1324. Acedido em 15 de Março de 2017, disponível em <https://world-rabbit-science.com/WRSA-Proceedings/Congress-2008-Verona/Papers/Q-Bielanski.pdf>
- Blas, E. (1986). *El almidon en la nutricion del conejo: utilizacion digestiva e implicaciones practicas*. Tese de Doutoramento. Espanha: Universidade de Zaragoza.
- Borgida, L. P. & Duperray, J. (1992). Summer complementary feeding of rabbits. *Journal of Applied Rabbit Research*, 15B, 1063-1070.

- Calvert, C. (1979). Use of animal excreta for microbial and insect protein synthesis. *Journal of Animal Science*, 48(1), 178-192.
- Castellini, C. & Battaglini, M. (1992). Prestazioni produttive e qualità delle carni di coniglio: influenza della concentrazione energetica della dieta e del sesso. *Zootecnia e Nutrizione Animale*, 18, 251-258.
- Cervera, C., Blas, E. & Fernandez, J. (1997). Growth of rabbits under different environmental temperatures using high fat diets. *World Rabbit Science*, 5, 71-75.
- Cheeke, P. R. (1987). *Rabbit feeding and nutrition*. Orlando, Florida: Academic Press, Inc.
- Chung, A. Y. C. (2010). Edible insects and entomophagy in Borneo. In Durst, P. B., Johnson, D. V., Leslie, R. N. & Shono, K. (Eds.), *Forest insects as food: humans bite back. Proceedings of a workshop on Asia-Pacific resources and their potential for development, Chiang Mai, Thailand, 19-21 February, 2008*, pp.141-150.
- Clapperton, J. L. (1983). Fat supplementation on animal production – ruminants. *The Proceedings of the Nutrition Society*, 42(2), 343-50.
- Coneglian, S. & Fracaro, M. (2008). Alteração da composição do leite através da nutrição. *Pubvet*, 2, 19.
- Dal Bosco, A., Castellini, C., Bianchi, L. & Mugnai, C. (2004). Effect of dietary alpha-linolenic acid and vitamin E on the fatty acid compositions, storage stability and sensory traits of rabbit meat. *Meat Science*, 66(2), 407-13.
- Dalle Zotte, A., Ouhayoun, J., Parigi Bini, R. & Xiccato, G. (1996). Effect of age, diet and sex on muscle energy metabolism and on related physicochemical traits in the rabbit. *Meat Science*, 43, 15-24.
- Dalle Zotte, A. (2002). Perception of rabbit meat quality and major factors influencing the rabbit carcass and meat quality. *Livestock Production Science*, 75, 11-32.
- DeFoliart, G. R. (1999). Insects as food: why the Western attitude is important. *Annual Review of Entomology*, 44, 21-50.

- Eastridge, M. L. (2014). *Feeding fat, in moderation, to dairy cows*. Acedido a 15 de Março de 2017, disponível em <http://articles.extension.org/pages/71254/feeding-fat-in-moderation-to-dairy-cows>.
- El Boushy, A. R. (1991). House-fly pupae as poultry manure converters for animal feed: a review. *Bioresource Technology*, 38(1), 45-49.
- Falcão e Cunha, L., Ferreira, P., Freire, J. P. (1998). Étude de l'effet de l'interaction fibres x lipides dans l'alimentation du lapin: croissance, digestibilité et paramètres fermentaires. *JOURNÉES DE LA RECHERCHE CUNICOLE*, 7, Lyon, 1998. pp.383-384.
- FAO. (2004). *Vitamin and mineral requirements in human nutrition*. Bangkok: Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation.
- FAO. (2005). *Polution from industrialized livestock production*. Rome, Italy: Livestock Policy Briefs, 2.
- FAO. (2013). *Edible insects: future prospects for food and feed security*. Wageningen: FAO.
- FEDNA: Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. *Aceites y oleínas de origen vegetal*. Acedido a 5 de Abril de 2017, disponível em http://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/aceites-yole%C3%ADnas-de-origen-vegetal
- FEDNA: Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. (Novembro, 2015). *Grasas de origen animal*. Acedido a 5 de Abril de 2017, disponível em http://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/grasas-de-origen-animal-actualizado-nov-2015
- Fernandez, C., Cobos, A. & Fraga, M. J. (1994). The effect of fat inclusion on diet digestibility in growing rabbits. *Journal of Animal Science*, 72, 1508-1515.
- Fernandez, C. & Fraga, M. J. (1996). Effect of dietary fat inclusion on growth, carcass characteristics, and chemical composition of rabbits. *Journal of Animal Science*, 74, 2088-2094.
- Ferreira, W., Saad, F. & Pereira, R. (nd). *Fundamentos da nutrição de coelhos*. Universidade Federal de Minas Gerais, Escola Veterinária, Departamento de Zootecnia.

- Finke, M., Defoliart, G. & Benevenga, N. J. (1989). Use of a four-parameter logistic model to evaluate the quality of the protein from three insect species when fed to rats. *The Journal of Nutrition*, 119, 864-871.
- Finke, M. (2002). Complete nutrient composition of commercially raised invertebrates used as food for insectivores. *Zoo Biology*, 21, 269–285.
- Fraga, M. J., Lorente, M., Carabaño, R. M. & De Blas, J. C. (1989). Effect on diet and of remating interval on milk production and milk composition of the doe rabbit. *Animal production*, 48, 459-466.
- Fraga, M. (1990). Effect of type of fibre on the rate of passage and on the contribution of soft feces to nutrient intake of finishing rabbits. *Journal of Animal Science*, 69, 1566-1574.
- Franck, Y. K., Athanase, O. K., Flavienne, W. L. R. M., Anselme, K. K. & Sebastien, N. (2016). Growth parameters, protein digestibility and health status of rabbit *Oryctolagus Cuniculus* fed with palatable leafy vegetables. *European Scientific Journal*, 12(27), 191-207.
- Freeman, C. P. (1983). Fat supplementation on animal production – monogastric animals. *The Proceedings of the Nutrition Society*, 42(2), 351-359.
- Gibney, M. J., Vorster, H. H. & Kok, F. J. (2002). *Introduction to human nutrition*. Oxford: Blackwell Science.
- Gidenne, T., Lebas, F. & Fortun-Lamothe, L. (2010). Feeding behavior of rabbits. In De Blas, C. & Wiseman, J. (Edits.), *Nutrition of the Rabbit*. (2nd ed.). (pp. 233-252). London: CAB International.
- Gondret, F., Hernandez, P., Remignon, H., & Combes, S. (2009). Skeletal muscle adaptations and biomechanical properties of tendons in response to jump exercise in rabbits. *Journal of Animal Science*, 87, 544-553.
- Goodnight, S. H. (1993). The effects of n-3 fatty acids on atherosclerosis and vascular response to injury. *Archives of Pathology and Laboratory Medicine*, 117, 102-106.

- Gutierrez, I., Espinosa, A., Garcia, J., Carabano, R. & de Blas, J. C. (2003). Effect of source of protein on digestion and growth performance of early-weaned rabbits. *Animal Research*, 52, 461–472.
- Harriman, M. (1991). *House rabbit handbook: how to live with an urban rabbit*. Alameda, CA: Drollery Press.
- Harris, M. & Ross, E. B. (1987). *Food and evolution: toward a theory of human food habits*. Temple University Press: Philadelphia.
- Henry, M., Gasco, L., Piccolo, G. & Fountoulaki, E. (2015). Review on the use of insects in the diet of farmed fish: past and future. *Animal Feed Science Technology*, 203, 1–22.
- Hernández, P., Pla, M., Oliver, M. A. & Blasco, A. (2000). Relationships between meat quality measurements in rabbits fed with three diets with different fat type and content. *Meat Science*, 55, 379-384.
- Hernández, P. (2008). Enhancement of nutritional quality and safety in rabbit meat. In Xiccato, G., Trocino, A. & Lukefahr, S. D. (Edits.). *Proceedings of the 9th World Rabbit Congress, Verona, Fondazione Iniziative Zooprofilattiche, Brescia, Italy*, pp. 1287-1299.
- Hernández, P. & Dalle Zotte, A. (2010). Influence of diet on rabbit meat quality. In De Blas, C. & Wiseman, J. (Edits.) *Nutrition of the Rabbit*. (2nd ed.). (pp. 163-178).
- Hwangbo, J., Hong, E. C., Jang, A., Kang, H. K., Oh, J. S., Kim, B. W. & Park, B. S. (2009). Utilization of house fly-maggots, a feed supplement in the production of broiler chickens. *Journal of Environmental Biology*, 30, 609-614.
- IACA. (2016). *Matérias-Primas: Portugal - consumo, evolução dos preços médios, importações*. Portugal: Associação Portuguesa dos Industriais de Alimentos Compostos para Animais (IACA), 72-73.
- INRA. (1989). *L'alimentation des animaux monogastriques: porc, lapin, volailles*. Versailles, France: Institut national de la recherche agronomique (INRA).
- IPIFF. (2014). *Food Safety First – First time Right*. International Platform of Insects for Food and Feed (IPIFF).

- Jahns, L., Raatz, S. K., Johnson, L. K., Kranz, S., Silverstein, J. T. & Picklo, M. J. (2014). Intake of seafood in the US varies by age, income and education level but not by race-ethnicity. *Nutrients*, 6, 6060–6075.
- Konuma, H. (2012.) In Durst, P. B., Johnson, D. V., Leslie, R. N. & Shono, K. (Edits.), *Forest insects as food: humans bite back*. Bangkok, Thailand: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
- Kouba, M., Enser, M., Whittington, F. M., Nute, G. R. & Wood, J. D. (2003). Effect of a high-linolenic acid diet on lipogenic enzyme activities, fatty acid composition, and meat quality in the growing pig. *Journal of Animal Science*, 81, 1967-1979.
- Kruse, H., Kirkemo, H. & Handeland, K. (2004). Wildlife as source of zoonotic infections. *Emerging infectious diseases*, 10, 2067-2072.
- Laos, (2010). Agenda item 13: Comments of Lao PDR: proposal for the new work and development of regional standard for edible crickets and their products (CRD 8). 17th session of the *FAO/WHO Coordinating Committee for Asia (CCASIA)*, Bali, Indonesia.
- Lebas, F. (1989). Nutrient requirements of various categories of rabbits. In Piva, G. & Wiseman, J. (Edits.). *Proceedings of the First International Feed Production Conference, Piacenza, Italy*, pp. 297-332.
- Lensvelt, E. J. S. & Steenbekkers, L. P. A. (2014). Exploring consumer acceptance of entomophagy: a survey and experiment in Australia and The Netherlands. *Ecology of food and nutrition*, 53, 543–561.
- Litton, E. (1993). Letters: Grasshopper consumption by humans and free-range chickens reduces pesticide use in The Philippines. *The food insects newsletter*, 6(1), pp.3.
- López-Ferrer, S., Baucells, M. D., Barroeta, A. C., Galobart, J. & Grashorn, M. A. (2001). n-3 enrichment of chicken meat. 2. Use of precursors of long-chain polyunsaturated fatty acids: linseed oil. *Poultry Science*, 80(6), 753-761.
- Maertens, L., Huyghebaert, G. & De Groote, G. (1986). Digestibility and digestible energy content of various fats for growing rabbits. *Cuni-Sciences*, 3, 7-14.

- Maertens L., Moermans, R. & Groole, G. (1988). Prediction of the apparent digestibility energy content of commercial pelleted feeds for rabbits. *Journal of Applied Rabbit Research*, 11, 60-67.
- Maertens, L., Janssen, W. M. M., Steenland, E., Wolfers, D. F., Branje, H. E. B. & Jager, F. (1990). Tables de composition, de digestibilité et de valeur énergétique des matières premières pour lapins. *Proceedings of the Sèmes Journées de la Recherche Cunicole, Vol. 2. Comm, n°57, INRA-ITAVI, Paris, France*, pp. 1-9.
- Maertens, L. (1992). Rabbit nutrition and feeding: a review of some recent developments. *Journal of Applied Rabbit Research*, 15, 889-913.
- Maertens, L., Luzi, F. & Huybrechts, I. (1996). Digestibility of non-transgenic and transgenic oilseed rape in rabbits. In Lebas, F. (Ed.). *Proceedings of the 6th World Rabbit Congress, Toulouse, Vol.1., Association Française de Cuniculture, Lempdes, France*, pp. 231-236.
- Maertens, L. & Salifou, E. (1997). Feeding value of brewer's grains for fattening rabbits. *World Rabbit Science*, 5(4), 161-165.
- Maertens, L. (1998). Fats in rabbit nutrition: a review. *World Rabbit Science*, 6(3-4), 341-348.
- Maertens, L., Cavani, C. & Petracci, M. (2005). Nitrogen and phosphorus excretion on commercial rabbit farms: calculations based on the input-output balance. *World Rabbit Science*, 13, 3-16.
- Makkar, H., Tran, G., Heuzé, V. & Ankers, P. (2014). State-of-the-art on use of insects as animal feed. *Animal feed science and technology*, 197, 1-33.
- Mekonnen, M. M. & Hoekstra, A. Y. (2010). The green, blue and grey water footprint of farm animals and animal products – Vol.2. *Value of water research report series*, 48.
- Mitsuhashi, J. (2010). The future use of insects as human food. In Durst, P. B., Johnson, D. V., Leslie, R. N. & Shono, K. (Edits.), *Forest insects as food: humans bite back* (pp. 115-122). Bangkok, Thailand: FAO.
- Molette, C., Remignon, H. & Babile, R. (2005). Modification of glycolyzing enzymes lowers meat quality of turkey. *Poultry Science*, 84, 119-127.

- Newton, G. L., Watson, D., Dove, R., Sheppard, D. C. & Burtle, G. (2005). Using black soldier fly, *Hermetia illucens*, as a value-added tool for the management of swine manure. Acedido a 17 de Maio de 2017, disponível em http://www.organicvaluerecovery.com/studies/studies.htm_files/bsf_value_added.pdf
- NRC: National Research Council (1994). *Nutrient Requirements of Poultry: ninth edition*. Washington, D. C., USA.: National Academy Press.
- NRC: National Research Council. (2001). *Nutrient requirements of dairy cattle: seventh revised edition*. Washington, D. C., USA.: National Academy Press.
- Oliver, M. A., Guerrero, L., Diaz, I., Gispert, M., Pla, M. & Blasco, A. (1997). The effect of fat enriched diets on the perirenal fat quality and sensory characteristics of meat from rabbits. *Meat Science*, 47:95-103.
- Omosoto, O. T. (2006). Nutritional quality, functional properties and anti-nutrient compositions of the larva of *Cirina forda* (Westwood) (Lepidoptera: Saturniidae). *Journal of Zhejiang University Science B*, 7, 51-55.
- Oonincx, D., Van Isterbeeck, J., Heetkamp, M., Van den Brand, H., Van Loon, J. & Van Huis, A. (2010). An exploration on greenhouse gas and ammonia production by insect species suitable for animal or human consumption. *PLoS ONE*, 5, 1-7.
- Opara, M., Sanyigha, F., Ogbuewu, J. & Okoli, I. (2012). Studies on the production trend and quality characteristics of palm grubs in the tropical rainforest zone of Nigeria. *International Journal of Agricultural Technology*, 8, 851-860.
- Ouhayoun, J. & Dalle Zotte, A. (1993). Muscular energy metabolism and related traits in rabbit. A review. *World Rabbit Science*, 1, 97-108.
- Ozimek, I., Sauer, W., Kozikowski, V., Ryan, J., Jorgensen, H. & Jelen, P. (1985). Nutritive value of protein extracted from honey bees. *Journal of Food Science*, 50, 1327-1332.
- Partridge, G. G., Findlay, M. & Fordyce, R. A. (1986). Fat supplementation of diets for growing rabbits. *Animal Feed Science and Technology*, 16, 109-117.

- Pascual, J. J., Cervera, C., Blas, E. & Fernández-Carmona, J. (2003). High energy diets for reproductive does: effect of energy source. *Nutrition Abstracts and Reviews, series B: Livestock Feeds and Feeding* 73, 27R-39R.
- Pascual, J. J., Xiccato, G. & Fortun-Lamothe, L. (2006). Strategies for does corporal condition improvement – relationship with litter viability and career length. In Maertens, L. & Coudert, P. (Edits.) *COST 848, Action advances in rabbit science*. (pp. 247-258). Melle, Belgium: ILVO.
- Peters, T. M. & Barbosa, P. (1977). Influence of population density on size, fecundity, and developmental rate of insects in culture. *Annual Review of Entomology*, 22, 431-450.
- Pla, M. & Cervera, C. (1997). Carcass and meat quality of rabbits given diets having a high level of vegetable or animal fat. *Animal Science*, 65, 299-303.
- Raharjo, Y. C., Cheeke, P. R. & Patton, N. M. (1986). Growth and productive performance of rabbits on a moderately low crude protein diet with or without methionine or urea supplementation. *Journal of Animal Science*, 63, 795-803.
- Ricardo Jorge, I. N. d. S. D. (2007). Tabela Da Composição De Alimentos. Lisboa: Editorial do Ministério da Educação.
- Rodríguez, M., Carro, M. D., Valiente, V., Formoso-Rafferty, N. & Rebollar, P. G. (2017). Effects on dietary fish oil supplementation on performance, meat quality, and cecal fermentation of growing rabbits. *Journal of Animal Science*, 95(8), 3620-3630.
- Roe, R., Clifford, C. & Woodring, J. (1985). The effect of temperature on energy distribution during the last larval stadium of the female house cricket, *Acheta domesticus*. *Journal of Insect Physiology*, 31, 371-378.
- Rumpold, B. & Schlüter, O. (2013). Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Molecular Nutrition & Food Research*, 57, 802–823.
- SAS (1991). SAS System for Linear Models, 3rd Edition. SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Santoma, G., De Blas, J. C., Carabaño, R., Fraga, M. J. (1987). The effects of different fats and their inclusion level in diets for growing rabbits. *Animal Production*, 45, 291-300.

- Sakaguchi, E. (1990). Digesta retention and fibre digestion in brushtail possums, ringtail possums and rabbits. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 96A, 351-54.
- Saxholt, E., Christensen, A. T., Moller, A., Hartkopp, H. B., Hess Ygil, K. & Hels, O. H. (2009). *Danish food composition databank, revision 7*. Department of Nutrition, National Food Institute, Technical University of Denmark.
- Schabel, H. (2010). Forest insects as food: a global review. In Durst, P. B., Johnson, D. V., Leslie, R. N. & Shono, K. (Edits.), *Forest insects as food: humans bite back* (pp. 37-64). Bangkok, Thailand: FAO.
- Scriber, J. M. & Slansky, F. (1981). The nutritional ecology of immature insects. *Annual Review of Entomology*, 26, 183–211.
- Sharaby, A., Montasser, S. A., Mahmoud, Y. A. & Ibrahim, S. A. (2010). The possibility of rearing the grasshopper, *Heteracris littoralis* (R.) on semi synthetic diet. *Journal of Agriculture and Food Technology*, 1, 1–7
- Sheppard, D. C., Newton, G. L., Thompson, S. A., and Savage, S. (1994). A value added manure management system using the black soldier fly. *Bioresource technology*, 50, 275-279.
- Singh, P. (1982). The rearing of beneficial insects. *New Zealand Entomologist*, 7, 304–310.
- Singh, P. & Moore, R. F. (1985). *Handbook of insect rearing*. Amsterdam: Elsevier Science Publishers.
- Singh, P. (1994). History and practice of insect rearing. *Shashpa*, 1, 17-24.
- Sirimungkararat, S., Saksirirat, W., Nopparat, T. & Natongkham, A. (2010). Edible products from eri and mulberry silkworms in Thailand. In Durst, P. B., Johnson, D. V., Leslie, R. N. & Shono, K. (Edits.), *Forest insects as food: humans bite back*. (pp. 189-200). Bangkok, Thailand: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
- Smith, R. & Pryor, R. (2012). *PROteINSECT: enabling the exploitation of insects as a sustainable source of protein for animal feed and human nutrition*, s.l: Minerva.
- Srivastava, S., Babu, N. & Pandey, H. (2009). Traditional insect bioprospecting – as human food and medicine. *Indian Journal of Traditional Knowledge*, 8, 485-494.

- Szendrő, Z., Zs, G., Szabó, A., Fébel, H., Szín, M., I, R., Dalle Zotte, A. & Zs, M. (2012). Effect of supplementation of linseed oil, vitamin E, and selenium in diet for growing rabbits on productive and carcass traits. *Proceedings of the 10th World Rabbit Congress, September 3 - 6, 2012, Sharm El-Sheikh, Egypt*, pp. 881-885
- Tchuinkam, T., Mpoame, M., Make-Mveinhya, B., Simard, F., Lele-Defo, E. & Zebaze-Togouet, S. (2011). Optimization of breeding output for larval stage of *Anopheles gambiae* (Diptera: Culicidae): prospects for the creation and maintenance of laboratory colony from wild isolates. *Bulletin of entomological research*, 101, 259–269.
- Tres, A., Bou, R., Codomy, R. & Guardiola, F. (2008). Influence of dietary doses of n-3 or n-6 rich vegetable fats and α -tocopheryl acetate supplementation on raw and cooked rabbit meat composition and oxidative stability. *Journal of agricultural and food chemistry*, 56, 7243-7253.
- Tucker, C. (2014). The significance of sensory appeal for reduced meat consumption. *Appetite*, 81, 168-179.
- Van Huis, A., Van Itterbeeck, J., Klunder, H., Mertens, E., Halloran, A., Muir, G. & Ventomme, P. (2013). *Edible insects: future prospects for food and feed security*. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
- Van Huis, A., Dicke, M. & Van Loon, J. J. A. (2015). Insects to feed the world. *Journal of insects as Food and Feed*, 1(1), 3-5.
- Van Soest, P. J. (1982). *Nutritional ecology of the ruminant*. Corvallis, Oregon: O & B Books.
- Vanhonacker, F., Verbeke, W., Van Poucke, E. & Tuytens, F. (2008). Do citizens and farmers interpret the concept of farm animal welfare differently? *Livestock Science*, 116, 126-136.
- Vanhonacker, F. & Verbeke, W. (2014). Public and consumer policies for higher welfare food products: Challenges and opportunities. *Journal of agriculture and environmental ethics*, 27(1), 153-171.

- Vantomé, P., Mertens E., Van Huis, A. & Klunder, H. (2012). *Assessing the potencial of insects as food and feed in assuring food security*. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Stations (FAO).
- Vantomé, P. & Halloran, A. (2013). *The contribution of insects to food security, livelihoods and the environment*. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Stations (FAO).
- Verbeke, W. & Vackier, I. (2005). Individual determinants of fish consumption: application of the theory of planned behaviour. *Appetite*, 44(1), 67-82.
- Verbeke, W. (2006). Functional foods: consumer willingness to compromise on taste for health? *Food Quality and Preference*, 17, 126–131.
- Verbeke, W., Sprangers, T., De Clercq, P., De Smet, S., Sas, B. & Eeckhout, M. (2015). Insects in animal feed: acceptance and its determinants among farmers, agriculture sector stakeholders and citizens. *Animal Feed Science and Technology*, 204, 72-87.
- Wang, D., Zhai, S., Zhang, C., Bai, Y., An, S. & Xu, Y. (2005). Evaluation on nutritional value of field crickets as a poultry feedstuff. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 18, 667-670.
- Ward, A., Wittenberg, K. & Przybylski, R. (2002). Bovine milk fatty profile produced by feeding diets containing solin, flax and canola. *Journal of dairy science*, 85(5), 1191-1196.
- Wemans, M. P. (2015). *Insetos comestíveis: avaliação nutricional de duas espécies comercializadas em Portugal*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Alimentar. Lisboa: Instituto Superior de Agronomia – Universidade de Lisboa.
- Xiccato, G. (1996). Nutrition of lactating does. In Lebas, F. (Ed.). *Proceedings of the 6th World Rabbit Congress, Toulouse, Vol.1*. Association Française de Cuniculture, Lempdes, France, pp.29-50.
- Xiccato, G. (1999). Feeding and meat quality in rabbits: a review. *World rabbit science*, 7, 75-86.

- Xiccato, G., Trocino, A., Sartori, A. & Queaque, P. I. (2003). Effect of weaning diet and weaning age on growth, body composition and caecal fermentation of young rabbits. *Animal science*, 17, 101-111.
- Xiccato, G. & Trocino, A. (2003). Role of dietary lipid on digestive physiology, immune system and growth in rabbits. *Cost 848, Agriculture and Biotechnology, Praga, Czech Republic*, 48-57.
- Xiccato, G. (2010). Fat digestion. In de Blas, C. & Wiseman, J. (Edits.), *The nutrition of the rabbit*. (2nd ed.). (pp.163-177). Oxfordshire, UK: CAB International.
- Xiccato, G. & Trocino, A. (2010). Feed and energy intake in rabbits and consequences on farm global efficiency. *The 6th International Conference on Rabbit Production in Hot Climate, Assuit, Egypt*, pp.1-18.
- Yamamoto, S., Macedo, F., Zundt, M., Mexia, A., Sakaguti, E., Rocha, G., Regaçoni, K. & Macedo, R. (2005). Fontes de óleo vegetal na dieta de cordeiros em confinamento. *Revista brasileira de zootecnia*, 34(2), 703-710.
- Yen, A. L. (2010). Edible insects and other invertebrates in Australia: future prosperts. In Durst, P. B., Johnson, D. V., Leslie, R. N. & Shono, K. (Edits.), *Forest insects as food: humans bite back*. (pp. 65-84). Bangkok, Thailand: Food and Agriculture Organization of the United Stations (FAO).